

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Uma Contribuição da Automação para o
Desenvolvimento de Órteses Ativas para
Membros Inferiores**

Autora: **Thais Raquel Martins Filippo**
Orientador: **Helder Anibal Hermini**

02/06

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO

Uma Contribuição da Automação para o Desenvolvimento de Órteses Ativas para Membros Inferiores

Autora: **Thais Raquel Martins Filippo**

Orientador: **Helder Anibal Hermini**

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2006
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F477c Filippo, Thais Raquel Martins
 Uma contribuição da automação para o
 desenvolvimento de órteses ativas para membros
 inferiores / Thais Raquel Martins Filippo. --
 Campinas, SP: [s.n.], 2006.

 Orientador: Helder Anibal Hermini
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
 de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

 1. Robótica. 2. Aparelhos ortopédicos. 3.
 Biomecânica. 4. Reabilitação. 5. Fisioterapia. 6.
 Engenharia biomédica. 7. Bioengenharia. I.
 Hermini, Helder Anibal. II. Universidade Estadual
 de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica.
 III. Título.

Titulo em Inglês: A contribution of automation to active orthoses development
for lower limbs

Palavras-chave em Inglês: Robotic, Orthoses, Biomechanics, Rehabilitation
engineer, Physiotherapy

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Cliquet Alberto Junior e Cecília Amélia de Carvalho
Zavaglia

Data da defesa: 23/02/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO

Uma Contribuição da Automação para o Desenvolvimento de Órteses Ativas para Membros Inferiores

Autora: **Thais Raquel Martins Filippo**

Orientador: **Helder Anibal Hermini**

Prof. Dr. Helder Anibal Hermini, Presidente
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr. Cliquet Alberto Junior
Universidade de São Paulo- USP- EESC

Profa. Dra. Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia.
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Campinas, 23 de fevereiro de 2006.

Dedicatória:

Antigamente o portador de deficiência era considerado um fardo na sociedade, devido às condições físicas que o restringia. Somente após a 2ª Guerra Mundial, em que os portadores de necessidades especiais atingiram um número considerável, constatou-se então a necessidade de buscar novas estratégias para reabilitação desses indivíduos.

Dedico este trabalho a todos os portadores de necessidades especiais, desejando que o empenho despendido nesta pesquisa possa contribuir em uma parcela significativa para as soluções de sua reabilitação.

Que este trabalho seja exemplo de perseverança, esperança, superação de dificuldades e dedicação.

Agradecimentos

Aos meus pais Rita e Filippo pelo apoio e incentivo aos meus estudos, que rezaram, mentalizaram e torceram por mim.

Aos meus avós, presentes e ausentes.

Ao meu amor Luis Gustavo Sigward Ericsson, sem seu incentivo, sua força, sua compreensão e principalmente seu amor não teria chegado até aqui.

Minhas amigas: Fernanda Spaziani, Tamy Koreeda, Mariana Ribeiro, Tatiana Carla, Camila Ladislau, Juliana Gaia, Marina Camargo, Marina Bandória, Rita Guimarães, Mariana Ferraz, Paula Romano, Greyce Nogueira e Michelly de Freitas.

A minha prima Anaí Martins, por me incentivar sempre.

Aos meus amigos Patrícia Maki, Maria Loffredo e Alex Maia.

Ao casal de amigos, que foram minha segunda família, Simone e Vladimir Romero.

Aos meus amigos do curso de especialização da Fisioterapia em Neurologia Adulto, obrigada pela compreensão.

Ao meu orientador pela oportunidade.

Aos meus anjos de quatro patas: Meg, Hanna e Sarah.

A CNPq pelo apoio financeiro

Dois importantes fatos, nesta vida, saltam aos olhos; primeiro que cada um de nós sofre inevitavelmente derrotas temporárias, de formas diferentes, nas ocasiões mais diversas. Segundo, que cada adversidade traz consigo a semente de um benefício equivalente. Ainda não encontrei homem algum bem-sucedido na vida que não houvesse antes sofrido derrotas temporárias. Toda vez que um homem supera os reveses torna-se mental e espiritualmente mais forte... É assim que aprendemos o que devemos à grande lição da adversidade.

(Andrew Carnegie e Napoleon Hill)

Resumo

FILIPPO, Thais Raquel Martins, *Uma Contribuição da Automação para o Desenvolvimento de Órteses Ativas para Membros Inferiores*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006.97 p. Dissertação (Mestrado).

Neste trabalho foram desenvolvidas metodologias necessárias para a implementação de órteses ativas de membros inferiores, aplicáveis em servo-assistência de processos fisioterápicos de reabilitação. Para viabilizar e concretizar os objetivos propostos foram elaborados estudos anatômicos e cinesiológicos da locomoção humana, enfocando em especial os membros inferiores, que foram analisados a partir de experimentos de antropometria aplicada, através de instrumentação dedicada. A partir dos resultados obtidos foi elaborado o modelo geométrico de uma órtese de membro inferior, do qual foi desenvolvida a modelagem cinemática visando a futura aplicação de controle cinemático direto. Baseando-se nos parâmetros obtidos de simulações computacionais geradas a partir da aplicação da modelagem cinemática foram dimensionados os parâmetros do dispositivo eletro-mecânico sendo que a ativação dos atuadores das articulações foi gerenciada por um microcontrolador dedicado, sendo que o algoritmo de controle relevou a seqüência da marcha e os respectivos parâmetros cinemáticos inerentes a este processo.

Palavras Chave

Robótica, Órtese, Biomecânica, Engenharia de Reabilitação, Fisioterapia.

Abstract

FILIPPO, Thais Raquel Martins, *A Contribution of Automation to Active Orthoses Development for Lower Limbs*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 97 p. Dissertação (Mestrado).

In this work necessary methodologies were developed for the implementation of active orthosis of lower limbs, applicable in servant-assistance of physiotherapies processes of rehabilitation. To make possible and to materialize the considered objectives, anatomical and kinesiology's studies of human locomotion had been elaborated, focusing in lower limbs that had been analyzed from experiments of applied anthropometry with dedicated instrumentation. With the results, a geometric model of lower limbs orthosis was elaborated and a kinematics model was developed aiming future application in direct kinematics' control. Based on the outputs of computational simulations of the kinematics model, the electromechanical device was selected. The actuators of the joints were managed by a dedicated microcontroller and an algorithm controlled the sequence of the march and the kinematics parameters to this process.

Key Words

Robotic, Orthosis, Biomechanics, Rehabilitation Engineer, Physiotherapy.

Índice

Lista de figuras	xi
Nomenclatura	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Divisão dos Capítulos.....	4
2. Revisão da Literatura	5
2.1. Introdução.....	5
2.2. Lesão Medular.....	5
2.2.1. Sequelas da Lesão Medular.....	7
2.3. Estudo de Órteses	9
2.3.1. Considerações gerais sobre órteses de membros inferiores	10
2.3.2. Características mecânicas da órtese	11
2.3.3. Tipos de Sistemas das órteses	12
2.4. Estimulação Elétrica Neuro Muscular.....	17
2.4.1. Sistemas Híbridos.....	20
2.5. Marcha Humana - Introdução	23
2.5.1. Marcha Normal	23
2.5.2. Características da marcha humana:	26
2.5.3. Características da marcha que influenciam a linha do centro de gravidade.....	27
2.5.4. Métodos de estudo da marcha	28
2.5.5. Movimento no Plano Sagital entre Contato calcanear e ponto de apoio médio.....	32
2.5.6. Movimento no Plano Sagital entre Apoio Médio e Retirada do Calcanhar.	35
2.5.7. Movimento no plano sagital durante a Fase de Balanço	41
2.5.8. Ação Muscular durante a Marcha	42
2.6. Uso de Dispositivos Auxiliares da Marcha	45
2.6.1. Marcha com auxílio de muleta	45
2.6.2. Marcha com auxílio de andadores.....	47
2.6.3. Padrões Rítmicos locomotores e Plasticidade Neural em portadores de lesão medular	50
3. Revisão Teórica -Modelagem Cinemática do Sistema Articular Humano	52
3.1. Introdução.....	52
3.2. Conceitos de Modelagem Matemática de Manipuladores Antropomórficos.....	55
3.2.1. Sistemas de Referência.....	55

3.2.2. Transformação de coordenadas	57
3.2.3. Modelo Geométrico.....	58
3.2.4. Cálculo da matriz de orientação da ferramenta terminal a partir dos ângulos RPY	59
3.2.5. Cálculo dos três ângulos RPY a partir da matriz de orientação	60
3.2.6. O Modelo Geométrico do Sistema Articular Humano.....	61
3.2.7. Setor da Cintura Pélvica.....	62
3.2.8. Descrição cinemática de uma órtese antropomórfica.....	65
3.2.9. Descrição Matemática de uma Órtese Robótica Antropomórfica com N GL.....	66
3.2.10. Matriz Jacobiana	68
3.2.11. Comentários finais do capítulo.....	70
4. Procedimento Experimental	72
4.1. Sistema para Avaliação de Pacientes	72
4.1.1. Eletrogoniômetro.....	72
4.1.2. Sistema Computacional para aquisição de Sinais	74
4.1.3. Descrição do funcionamento da Interface computacional	74
4.1.4. Aplicação do sistema de aquisição a marcha humana.....	75
4.2. Análise Cinemática de membros inferiores através de Software dedicado	79
4.2.1. Aplicativo da Modelagem: Implementação Computacional do Modelo Cinemático Direto dos Membros Inferiores	80
4.3. Conclusões finais do capítulo.....	87
5. Resultados, Conclusões e Perspectivas Futuras.	88
6. Referências Bibliográficas	90
Anexo I.....	A1
Anexo II.....	A5
Anexo III.....	A56

Lista de figuras

Figura 2.1 - Esquema representando os tipos de pontos de pressão de uma órteses	12
Figura 2.2 : Efeitos do aumento da área de contato sobre a superfície corporal de uma AFO... 14	14
Figura 2.3: Controle do sistema de pressão de três pontos para prevenir dorsiflexão(A), flexão-plantar(B), inversão (C), eversão (D), abdução (E), adução (F).....	15
Figura 2.4: Controle da FRS no plano sagital.....	16
Figura 2.5: Curva da duração pela amplitude do estímulo para um Nervo e para um Músculo Desnervado (modelo de Benton, 1979)	19
Figura 2.6: Ciclos da Marcha Humana.	23
Figura 2.7: Passo e Passada da Marcha Humana.	24
Figura 2. 8: Subdivisões da Fase de Apoio na Marcha Humana	25
Figura 2. 9: Subdivisões da Fase de Balanço na Marcha Humana.	26
Figura 2. 10: Subdivisões da Fase de Balanço na Marcha Humana.	27
Figura 2.11: Deslocamento horizontal da pelve durante a Marcha.	27
Figura 2.12: Força de Reação do Solo.	30
Figura 2. 13: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.	32
Figura 2. 14: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.	33
Figura 2. 15: Atividade muscular dos músculos da perna nas fases de apoio e balanço.	34
Figura 2.16: Análise cinemática da articulação do joelho no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.	34
Figura 2.17: Análise cinética da articulação do joelho do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio	35
Figura 2. 18: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.	36
Figura 2. 19: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.	36
Figura 2.20: Atividade Muscular do tríceps sural durante a marcha.	37
Figura 2. 21: Análise cinética da articulação do joelho no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.	38
Figura 2. 22: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.	39
Figura 2. 23: Momento de força – Força de Reação do Solo.	40

Figura 2. 24: Análise cinética da articulação do quadril no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.	40
Figura 2.25: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital na fase de balanço.	41
Figura 2.26: Sistema desenvolvido para monitorar força axial	50
Figura 3. 1: Volume de trabalho dos membros superiores e inferiores do corpo humano.	54
Figura 3. 2: Volume de trabalho da cintura escapular humana.....	55
Figura 3.3: Sistema de Referencia utilizado.	56
Figura 3.4: Transformação direta de coordenadas	58
Figura 3.5: Estrutura cinemática do sistema articular do membro inferior humano.	63
Figura 3. 6: Estrutura Cinemática do sistema articular do membro inferior humano - pé.	64
 Figura 4.1: Eletrogoniômetro conectado ao software Labview (interface).	73
Figura 4.2: Detalhe da disposição do eletrogoniômetro no membro a ser avaliado em um processo de marcha.	73
Figura 4.3: Tela principal.....	75
Figura 4. 4: Tela de Calibração.....	75
Figura 4.5: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do quadril.....	76
Figura 4. 6: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do quadril durante a marcha normal.	76
Figura 4. 7: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do joelho.	77
Figura 4.8: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do joelho durante a marcha normal.	77
Figura 4. 9: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do tornozelo.	78
Figura 4. 10: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do tornozelo durante a marcha normal.	78
Figura 4.11: Fluxograma do algoritmo computacional dedicado ao estabelecimento de controle cinemático direto de membros inferiores antropomórficos.	81
Figura 4. 12: KIT ROBIX RCS-6	84
Figura 4. 13: Servo-sistema com configuração geométrica antropomórfica bípede.	86

Nomenclatura

Letras Latinas

$A_{i,i+1}$ - matriz de transformação homogênea de rotação

\underline{a} - versor ortonormal de orientação (aproximação do efetuador)

a_i - distância offset entre a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i até a origem o i -ésimo frame ao longo do eixo x_i (ou a menor distância entre os eixos z_{i-1} e z_i)

C_i - corpos móveis

C_0 - corpo fixo

d_i - distância entre a origem do $(i-1)$ -ésimo frame de coordenadas até a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i ao longo do eixo z_{i-1} .

$J(\theta)$ - matriz Jacobiana

$J(\theta)^{-1}$ - matriz Jacobiana inversa

F - função não linear que descreve a posição e a orientação do elemento terminal da cadeia

L_i - vetor de translação

\underline{n} - versor ortonormal de orientação normal às direções \underline{o} e \underline{a}

\underline{o}_i - sistema de referenciais locais

\underline{p} - vetor posição

\underline{Q} - vetor das coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas das juntas

\underline{q}_i - coordenadas generalizadas das juntas

R - referencial

RPY - ângulos de Row, Pitch, Yall

\underline{s} - versor ortonormal de orientação (orientação)

T_n - matriz de transformação

\underline{X} - vetor posição ($X, Y, Z, \psi, \theta, \phi$), onde os três primeiros termos denotam a posição cartesiana e os três últimos a orientação do órgão terminal.

$\underline{X}_{m \times 1}$ - vetor ($m \leq 6$) que representa a posição e a orientação do elemento terminal da prótese no espaço de trabalho em coordenadas cartesianas.

Letras Gregas

α_i	- ângulo offset entre os eixos z_{i-1} e z_i medidos no eixo x_i
β	- parâmetro de correção relacionado a junta 1
γ	- parâmetro de correção relacionado a junta 2
$\delta\theta$	- variação do incremento das variáveis articulares
δX	- diferencial de deslocamento do elemento terminal da prótese
$\Delta\theta_1$	- deslocamento real efetuado pela junta 1
$\Delta\theta_2$	- deslocamento real efetuado pela junta 2
$\theta_{n \times 1}$	- vetor que representa os graus de liberdade da junta antropomórfica, onde n representa o número de graus de liberdade da prótese.
θ_{1R}	- angulo real da junta 1
θ_{1R}	- angulo real da junta 1
θ_{2R}	- angulo real da junta 2
θ_{3R}	- angulo real da junta 3
θ_{1C}	- angulo consignado pelo controlador para a junta 1
θ_{2C}	- angulo consignado pelo controlador para a junta 2
θ_{3C}	- angulo consignado pelo controlador para a junta 3
θ_i	- angulo de junta feito entre os eixos x_{i-1} e x_i no eixo z_{i-1}

Abreviações

AFO	-órtese pé e tornozelo
CC	- corrente contínua
EENM	- estimulação elétrica neuromuscular
FRS	-força de reação do solo
HKAFO	-órtese pé, tornozelo, joelho e quadril
KAFO	-órtese pé , tornozelo e joelho
kg	-quilogramas
TRM	- traumatismo raquimedular

Capítulo 1

Introdução

A evolução tecnológica de órteses e próteses têm direcionado o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa multidisciplinares na área de Automação e Robótica, principalmente na geração de projetos de membros artificiais, como também no estabelecimento de leis de controle em estimulação mioelétrica aplicada a processos de reabilitação (Vanriper, 1992).

Após a Segunda Guerra Mundial, o Governo do Canadá iniciou programas de reabilitação para lesados medulares, liderado pelo neurocirurgião Dr. Harry Botterell, que reduziu a taxa de mortalidade, visando a independência e o retorno da participação destes indivíduos à sociedade. Nestes programas de reabilitação foram providenciadas cadeiras de rodas, carros adaptados e muletas canadenses para o treinamento da marcha, melhorando a mobilidade e independência, reduzindo a significativamente as taxas de mortalidades.

Segundo Tremblay (1996), os métodos de tratamento para lesados medulares durante a Primeira Guerra Mundial não apresentavam sucesso. Nas primeiras semanas após a lesão, cerca de 80% dos indivíduos chegavam a óbito devido às infecções renais, pulmonares e úlceras de pressão por permanecerem acamados. Os sobreviventes permaneciam como “inválidos” com pouca assistência e cuidados hospitalares. Na década de 1930, começou a surgir a crença de que não havia tratamento efetivo para os lesados medulares e que a morte apresentava-se como solução natural.

O Traumatismo Raquimedular (TRM) tem sido identificado como uma incapacidade de alto custo, que exige tremendas alterações no estilo de vida do paciente (Schmitz, 1993). O aumento da expectativa de vida desses indivíduos fez com que o processo de reabilitação fosse para além da prevenção dos danos causados pela lesão medular, e objetivasse também a melhora

da qualidade de vida e a independência funcional. Segundo Cowell (1986), a inatividade após o trauma raquimedular causa uma diminuição da massa muscular e da capacidade aeróbica, uma condição osteoporótica e disfunção renal, e, além disso, coloca o indivíduo em risco de doenças cardíacas e conseqüentemente reduz sua expectativa de vida.

O desenvolvimento de aparelhos ortopédicos, como também a estimulação mioelétrica de músculos, exige o desenvolvimento de um modelo cinemático, que expresse o movimento dos membros em termos dos seus graus de liberdade dependentes. O desenvolvimento destes modelos constitui um grande desafio, pois, apesar do grande número de técnicas de modelamento matemático e de simulação hoje disponíveis, não apresentam eficiência desejada quando aplicados em tarefas clínicas (Tomovic, 1962).

As limitações referentes à recuperação e/ou restauração dos movimentos de indivíduos portadores de lesão medular têm como solução o desenvolvimento científico-tecnológico e seus produtos, daí a importância das órteses robóticas.

Várias características observadas em sistemas biológicos introduzem um alto grau de complexidade, devido ao modelo dinâmico do complexo ser multi-variável, apresentando alto grau de não linearidade e redundância e um forte grau de acoplamento entre suas articulações, dificultando a determinação de parâmetros (Alhano, Carvalho, Tenreiro, 1992).

A elaboração de órteses inteligentes deve ser feita por analogia comparativa com o complexo antropomórfico natural considerando aspectos relacionados com a estrutura, transmissão, acionamento e controle dos acionadores neuromusculares naturais ou artificiais, a partir de estimulação mioelétrica a qual gerência um algoritmo de geração de trajetória baseada no modelo físico matemático do sistema articular humano (Speeter, 1992).

Em cima dessas considerações, não se tem dúvida quanto aos benefícios orgânicos, sociais, psicológicos, emocionais, econômicos e culturais que a fisioterapia juntamente com dispositivos ortopédicos proporciona, dentro do processo de reabilitação, favorecendo a integração social e melhorando a qualidade de vida.

Neste trabalho, sendo levados em consideração aspectos anatômicos, fisiológicos e cinesiológicos dos membros inferiores do corpo humano, foi desenvolvido o modelo cinemático semelhante ao mecanismo natural o qual é utilizado como base para o projeto de sistemas artificiais como também na parametrização do controle mioelétrico de membros antropomórficos inferiores.

Recentemente, com os avanços extraordinários em eletrônica e computadores, muitas dificuldades encontradas em robótica foram solucionadas ou minimizadas, tanto na fabricação de dispositivos elétricos e/ou mecânicos, como no desenvolvimento de ferramentas matemáticas e computacionais. De fato, os mecanismos espaciais deixaram de ser restritos aos interesses acadêmicos e passaram a despontar como alternativas modernas para aumentar a segurança, a produtividade e a qualidade dos meios de produção, atendendo a uma demanda crescente do mercado. Apesar do grande nível tecnológico alcançado, algumas dificuldades relacionadas ao controle de robôs, ainda permanecem passivas de soluções.

1.1. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver metodologias necessárias para a implementação de órteses ativas de membros inferiores, aplicáveis em servo-assistência de processos fisioterápicos de avaliação e reabilitação. Para tal proposta, há a necessidade da aplicação de conceitos de robótica, relevando a analogia comparativa com o sistema natural na tarefa inicial da modelagem cinemática, para que, a partir da utilização de sinais mioelétricos, possa ser possível reproduzir movimentos equivalentes ao dos membros naturais.

Para viabilizar e concretizar o objetivo proposto foram elaborados estudos anatômicos e cinesiológicos da locomoção humana, enfocando em especial os membros inferiores, que foram analisados a partir de experimentos de antropometria aplicada, através de instrumentação dedicada.

A partir dos resultados obtidos foi elaborado o modelo geométrico de uma órtese de membro inferior, do qual foi desenvolvida a modelagem cinemática visando à futura aplicação de controle cinemático direto.

Baseando-se nos parâmetros obtidos de simulações computacionais geradas a partir da aplicação da modelagem cinemática foram dimensionados os parâmetros do dispositivo eletromecânico sendo que a ativação dos atuadores das articulações foi gerenciada por um microcontrolador dedicado, onde um algoritmo controlou a sequência da marcha e os respectivos parâmetros cinemáticos inerentes a este processo.

1.2. Divisão dos Capítulos

O capítulo 2 aborda uma revisão da literatura a respeito da lesão medular, da história da evolução das órteses, considerações gerais sobre órteses de membros inferiores, aspectos sobre estimulação elétrica neuromuscular e seu uso em fisioterapia uma breve descrição de conceitos em robótica e sistemas híbridos, análises cinética e cinemática da marcha humana e descreve dispositivos auxiliares para marcha humana.

No capítulo 3 é descrito um modelo cinemático representativo simplificado do sistema articular humano, para membros inferiores que visa o estabelecimento de referenciais locais relacionados espacialmente por vetores de translação e matrizes de transformação homogênea de rotação.

A partir do modelo geométrico descrito no capítulo 3, no capítulo 4 é apresentada uma descrição da implementação computacional, descrevendo os algoritmos computacionais elaborados, baseados no modelo geométrico gerado para o sistema articular antropomórfico dos membros inferiores, com enfoque para o algoritmo da marcha humana. Este capítulo é iniciado com a descrição da estrutura destes programas, seguido da apresentação e análise dos respectivos resultados das simulações computacionais efetuadas.

O Capítulo 5 apresenta discussões, conclusões sobre o projeto desenvolvido e trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar uma revisão de literatura sobre os aspectos mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. A revisão da literatura está subdividida em cinco temas: lesão medular, órteses, estimulação elétrica neuromuscular, marcha humana e dispositivos auxiliares da marcha.

Primeiramente será abordada a lesão medular, e suas conseqüências no paciente lesado medular. Em seguida um breve resumo da história da evolução das órteses, considerações gerais sobre órteses de membros inferiores, suas características mecânicas e os tipos de sistemas das órteses. Conceitos de estimulação elétrica neuromuscular são descritos e o uso terapêutico da estimulação elétrica em fisioterapia e uma breve descrição de conceitos em robótica e sistemas híbridos.

Posteriormente serão demonstradas as análises cinética e cinemática da marcha humana e atividade muscular durante a marcha e uma breve descrição de dispositivos auxiliares para marcha humana.

2.2. Lesão Medular

A medula espinhal não é apenas um mero conduto de sinais sensoriais para o cérebro ou de sinais motores do cérebro para a periferia. Na realidade, sem os circuitos neuronais especiais da medula, mesmo o mais complexo dos sistemas de controle motor do cérebro não pode causar qualquer movimento muscular intencional. Para dar um exemplo, não há circuito neuronal em

lugar nenhum do cérebro que cause o movimento específico para frente e para trás das pernas necessário à marcha. Em vez disso, os circuitos para esses movimentos estão na medula, e o cérebro simplesmente manda sinais de comando para ativar o processo da marcha (Guynton, 1996).

A lesão de medula espinhal danifica uma rede neural complexa implicada na transmissão, modificação e coordenação motora e sensorial, e no controle autônomo dos sistemas de órgãos (Field-Fote, 2000).

O trauma raquimedular provoca lesões na medula espinhal levando a altos índices de morbidade e mortalidade. A severidade do diagnóstico depende de diferentes fatores, tais como a etiologia, o grau e o nível da lesão, podendo ser irreversível e resultar em déficits neurológicos permanentes. No trauma raquimedular subitamente ocorrem alterações sensório-motoras que acarretam profundas modificações na vida, em todos os seus aspectos, quer sejam sócio – afetivo, cognitivo ou motores, exigindo a busca de novas maneiras de interagir o paciente com o mundo (Greve, 2001).

Epidemiologia e Demografia

Estatísticas norte-americanas revelam que existem entre 183.000 e 230.000 portadores de lesão medular nos Estados Unidos, sem inclusão daqueles que vieram a óbito no local do acidente. A estimativa é de aproximadamente 11.000 novos casos por ano. As principais causas citadas de lesão medular traumática foram: acidentes automobilísticos, violência, quedas, mergulho em águas rasas, esportes e atividades de lazer (Belanger & Levi, 2000).

Estima-se que o custo do tratamento desses pacientes seja entre \$ 168.627 e \$572.178 para o primeiro ano de lesão, e entre \$ 11.817 e \$102.491 para os anos seguintes.

No Brasil, segundo a pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, os dados obtidos no CENSO de 1991 indicam que, do total da população residente, foram considerados deficientes físicos: os portadores de cegueira, surdez, deficiência mental, falta de membros ou parte deles, hemiplegia 208.572, paraplegia 201.592 e tetraplegia 46.998.

Contudo, pode-se observar a falha nos conceitos de deficiência física e mental, incluídos a mesma categoria. Já no CENSO de 2000 foi feita uma reparação parcial dos conceitos, porém, os dados relativos continuam obscuros, ao número de portadores de hemiplegia, paraplegia e tetraplegia, sendo englobados na mesma categoria, totalizando 955.287, sendo 55.21% homens e 44.78% mulheres.

Segundo os registros da Rede de Hospitais Sarah, do total de pacientes internados na instituição, 44% apresentaram lesão medular, sendo 61.6% paraplégicos e 38.4% teraplégicos, sendo a etiologia predominante, acidentes de trânsito 38.3%, seguido por arma de fogo 34.2%, queda 13.8%, mergulho 8.8% e outras causas 4.9%.

2.2.1. Seqüelas da Lesão Medular

Duas vias motoras descendentes primárias na medula espinhal são trato piramidal ou córtico-espinhal e a via extra piramidal, o trato retículo-espinhal. O trato piramidal leva impulsos das áreas corticais pré-motora, motora primária e somatossensorial primária e o trato retículo-espinhal leva impulsos descendentes dos sistemas de controle motor extra piramidal e cerebelar. Dependendo do nível espinhal de lesão e do grau de lesão medular a esses tratos, o paciente apresentará quadro de paralisia motora com espasticidade hiperreflexiva de motoneurônio superior (MNS) ou flacidez hiporreflexiva de motoneurônio inferior (MNI) (Greve, 2001).

Tônus muscular é a quantidade (ou grau) de tensão do músculo em repouso. As características visco-elásticas intrínsecas do músculo são responsáveis pela tensão do tônus muscular em repouso normal (Bromley, 1997).

Há, no entanto, um importante componente neural contribuindo para o tônus muscular. O tônus muscular normal contribui para importantes funções motoras, por exemplo, a manutenção de posturas. Um exemplo é a própria manutenção da postura ereta, em que a contração dos músculos extensores dos membros inferiores (por exemplo, o quadríceps) é mantida graças à ação do reflexo miotático sobre essa musculatura. Nesse caso, a mera tendência de uma flexão dos membros inferiores (em função da força gravitacional), e conseqüente estiramento da

musculatura extensora, tem como resposta a contração dessa mesma musculatura, mantendo assim a postura ereta.

A espasticidade é a hipertonia muscular dependente da velocidade. Essa dependência da velocidade significa que quando o músculo espástico é estirado lentamente, a resistência a esse estiramento vai ser menor do que quando esse mesmo é passivamente estirado com rapidez. A hipertonia resulta de alteração das propriedades da fibra muscular secundária à atividade alterada dos tratos descendentes (Bromley, 1997).

A hipertonicidade (espasticidade) na lesão medular pode causar: (1) diminuição na ADM que pode por fim levar a um estado de contratura muscular/ articular, (2) diminuição do movimento voluntário articular isolado, substituído por padrões de movimento em massa dos músculos (sinergistas) vinculados neurofisiologicamente, (3) feedback sensorial anormal comprometendo o reaprendizado de habilidades motoras e (4) a perda de inibição recíproca, base para o movimento coordenado.

Um estado de flacidez apresenta-se sem respostas reflexas nem reação ao estiramento rápido, embora seja um fenômeno neuromuscular em modificação que responde a estímulos internos e externos, a flacidez prolongada traz mau prognóstico de mudança funcional

A hipotonicidade (flacidez) pode causar (1) hiper mobilidade articular e instabilidade resultando em dor e possível lesão articular levando a deformidade, (2) suporte de tônus postural insuficiente e (3) atrofia muscular com aparecimento resultante de proeminências ósseas que aumentam o número de áreas de pressão com riscos para ferimentos na pele (Greve, 2001).

Existem outras disfunções sensório-motoras que acometem os portadores de lesão medular, que comprometem o estado de saúde geral destes indivíduos. Outras seqüelas são as úlceras de pressão e a ossificação heterotópica, que freqüentemente ocorre em grandes articulações, causando dor, calor, inchaço e contratura (Sekhon et al., 2001). A osteopenia/osteoporose pode gerar fraturas ósseas em lesados medulares (Carvalho, Carvalho & Cliquet Jr., 2001). Ocorre também redução da massa, volume e força muscular, redução de enzimas oxidativas, predominância de fibras rápidas em comparação com as lentas e mudanças neuromusculares. (Edgerton et al., 2000). A interrupção do Sistema Nervoso Simpático causa

disfunções autonômicas, interferindo nas ocorrências fisiológicas das funções urogenitais, gastrointestinais, termorregulatórias, cardiovasculares, pulmonares, metabólicas e hormonais.

A ausência da contração muscular/respiratória e redução do tônus vascular nos músculos paralisados geram estasis venosa nos membros inferiores, dificultando o retorno venoso e diminuindo a eficiência cardíaca, podendo levar a hipotensão postural durante o treinamento de ortostatismo (Glaser et al., 2002).

Portanto, estas seqüelas geram a diminuição da qualidade de vida dos portadores de lesão medular. O aumento da expectativa de vida desses indivíduos fez com que o processo de reabilitação fosse para além da prevenção dos danos causados pela lesão medular, e objetivasse também a melhora da qualidade de vida e a independência funcional. Com isso, Peixoto (2003) afirma que a promoção e a atenção á saúde dos indivíduos lesados medulares, englobam medidas restauradoras, preventivas e de reabilitação para a melhoria das funções motoras ou sensitivas e do bem-estar.

2.3. Estudo de Órteses

Historicamente, as características de projeto das órteses para membros inferiores mudaram lentamente. Nos últimos anos, no entanto, fatores novos conduziram a um aumento rápido no ritmo e no número de alterações, isto é, aplicação de habilidades de engenharia ao projeto das órteses e a introdução e ampla disponibilidade de materiais, principalmente plásticos, adequados para o uso nessas órteses.

Pacientes usuários de órteses e próteses têm se beneficiado com o advento de estudos na engenharia (mecânica, elétrica, controle e automação) juntamente com as pesquisas feitas pela ciência da reabilitação (fisioterapia e terapia ocupacional). Estas equipes vêm trabalhando de forma integrada através de grupos multidisciplinares que desenvolvem equipamentos para auxiliar os portadores de necessidades especiais a terem maior independência melhorando assim a qualidade de vida destes indivíduos.

A evolução desta área da ciência teve grande ênfase principalmente com o advento das grandes guerras mundiais e os decorrentes quadros de ferimentos dos soldados, sendo que na 2ª Guerra Mundial se organizaram programas de pesquisa para membros artificiais.

Atualmente, se enfatiza a utilização de órteses e próteses controladas por estimulação mioelétrica, utilizando os impulsos colhidos do próprio indivíduo, tratados e amplificados por todo um aparato eletrônico, porém, este sistema de controle ainda apresenta muitas deficiências, e a tecnologia envolvida é de domínio apenas de poucos laboratórios de pesquisa de primeiro mundo, sendo necessário o desenvolvimento tecnológico para que se possa permitir a aplicação destes sistemas à população que mais necessita do recurso, devido ao alto custo deste equipamento e da dificuldade apresentada para a instalação, treinamento do aparelho e do processo de reabilitação do indivíduo.

2.3.1.Considerações gerais sobre órteses de membros inferiores

Órteses podem ser definidas como um aparelho externo projetado para aplicar, distribuir ou remover forças para o corpo ou a parte deste, de uma maneira controlada para realizar o controle do movimento corporal e/ou alteração ou prevenção da alteração na forma dos tecidos corporais. Podem ser usadas para compensar a fraqueza ou a ausência de função muscular ou para impedir a ação direta dos músculos espásticos.

As órteses são classificadas em relação às partes do corpo sobre as quais elas reagem:

AFOs \Rightarrow órtese tornozelo – pé

KAFOs \Rightarrow órtese joelho- tornozelo- pé

HKAFO \Rightarrow órtese quadril- joelho- tornozelo-pé

A finalidade preliminar de uma órtese é melhorar a função (1) aplicando-se ou subtraindo-se forças do corpo de maneira controlada para proteger uma parte do corpo, (2) restringindo ou alterando o movimento para impedir ou corrigir uma deformidade, e (3) compensação de uma deformidade ou fraqueza (Pratt, 1994).

Para prescrição ou indicação de uma órtese é necessária uma compreensão básica de biomecânica. O corpo humano é sujeito a um sistema de forças e de momentos externos, sejam dinâmicos ou estáticos. A força possui tanto direção como magnitude e geralmente são ilustradas como um vetor do qual expressões matemáticas podem ser derivadas. A maioria das forças aplicadas nos segmentos de corpo afeta a rotação, isso é, inibem ou modificam os movimentos rotatórios sobre as articulações. O efeito do desvio da força sobre um eixo da

articulação é conhecido como momento. A magnitude de um momento é determinada pela distância do local de aplicação da força ao eixo de rotação (braço de alavanca) e o tamanho dessa força. As unidades de momento são igual força vezes distância ($F \times D$) e expressadas em Newton (Nm). Os movimentos em sentido horário são positivos, no sentido anti-horário são negativos.

Uma articulação estará em equilíbrio ou estável quando os movimentos do segmento do corpo são iguais em magnitude em ambos os lados do eixo da articulação. Em um estado de equilíbrio, a soma das forças que atuam sobre o corpo é zero ou balanceada. Obviamente, quanto maior o braço de alavanca maiores devem ser as forças externas aplicadas ao segmento do corpo para conseguir o equilíbrio. As aplicações clínicas da lei do equilíbrio afetando o movimento angular em uma articulação são encontradas nos membros inferiores durante a fase de balanço da marcha. Não apenas uma força é necessária para começar o movimento da coxa (flexores do quadril), mas também para desacelerar a perna (músculos posteriores). Se as forças internas estiverem falhando por causa da deficiência ligamentos ou muscular, uma órtese pode ser prescrita para melhorar a estabilidade (Pratt, 1994).

2.3.2. Características mecânicas da órtese

A) Rotação

Em primeiro lugar qualquer órtese pode agir para restringir a rotação da articulação modificando o movimento através do sistema de força de três pontos, como será descrito posteriormente. Este sistema pode limitar movimentos em torno de uma ou mais articulações onde os movimentos de rotação podem ocorrer.

B) Forças Axiais

Em segundo lugar uma órtese pode ser usada para reduzir as forças axiais desenvolvidas pelas articulações. Em articulações normais, a carga axial ao longo do membro ou da coluna é gerada pela tração gravitacional da massa do corpo que se opõe à força de reação do solo. Esta carga é distribuída através das estruturas ósseas e das cartilagens articulares. Quando estes tecidos estão íntegros, a carga é sem dor, mas se houver lesão como em fraturas ou desordens

degenerativas da cartilagem, deformações podem ocorrer. Isto pode resultar em dor e mobilidade limitada.

A observação de alguns princípios biomecânicos na confecção de órteses é fundamental para promover o ajuste apropriado e reduzir os riscos de lesões cutâneas e áreas de pressão. São necessários conhecimentos de patologia, fisiologia, anatomia, cinesiologia e biomecânica para a confecção e indicação correta de uma órtese. Deve existir uma pressão contínua e bem distribuída, embora não deva existir pressão sobre proeminências ósseas.

2.3.3. Tipos de Sistemas das órteses

As forças corretivas aplicadas ao corpo podem ser classificadas em dois sistemas de força:

- Um sistema de controle de pressão de três pontos;
- Um sistema de controle à força de reação do solo.

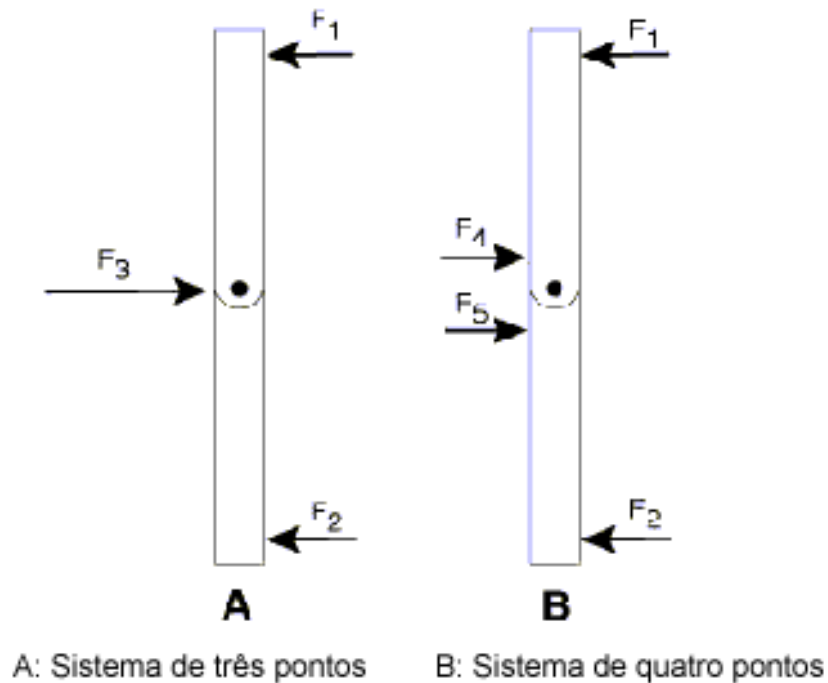


Figura 2. 1 - Esquema representando os tipos de pontos de pressão de uma órteses.

2.3.3.1. Sistema de controle da pressão de três pontos

Descrições e Aplicações

Duas forças aplicadas proximamente (F1) e distalmente (F2) no segmento são opostas por uma terceira força (F3) aplicada no ponto da rotação (Figura 2.1-A).

Uma variação do sistema de controle de três pontos usado mais frequentemente na prática técnica de ortopedia é o sistema da pressão de 4 pontos (Figura 2.1-B). A força central é dividida em duas forças (F4, F5) distribuindo assim a pressão sobre a articulação sem restrições de movimento.

Nas órteses, quando ocorre uma mudança do braço de alavanca ou a área de superfície (contato) pode-se alterar o valor de um sistema de controle de pressão de três pontos demonstrado pela fórmula: $Pressão = força \times área \text{ de superfície}$. Por exemplo, na Figura 2.2-A, uma AFO fornece um sistema de controle de pressão de três pontos para impedir o movimento de flexão - plantar do tornozelo sobre a linha central do tornozelo devido à espasticidade apresentada pelo grupo muscular tríceps sural. O braço de alavanca proximal da órtese é muito curto, e uma força corretiva relativamente alta é necessária para impedir a flexão - plantar do tornozelo. A área de superfície de contato também é pequena, tendo por resultado pressões relativamente altas exercidas na pele. Aumentar a área de superfície do AFO (Figura 2.2-B) diminui a pressão na pele. Aumentar o braço de alavanca (LA) da órtese (Figura 2.2-C) também diminui a pressão na pele diminuindo o valor da força. A melhor solução para diminuir a pressão sobre a pele é maximizar a área de superfície e o braço de alavanca para todas órteses (Figura 2.2-D).

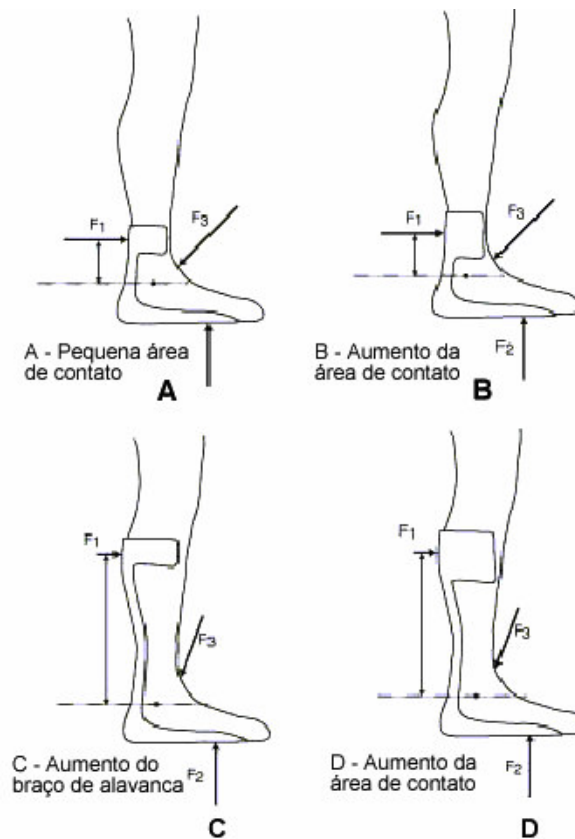


Figura 2. 2 : Efeitos do aumento da área de contato sobre a superfície corporal de uma AFO.

Em outras palavras, um sistema típico de órtese é projetado para estabilizar a articulação, sendo que o braço de alavanca deve ser o maior possível, e a força contra a pele deve ser dissipada por uma maior área de aplicação. Isto reduzirá pressão na pele onde a órtese faz contato com o corpo.

Bowker (1993) fornece descrições matemáticas de como uma órtese pode modificar os sistemas de momentos e forças externas agindo sobre uma articulação em quatro meios de impedimentos: (1) restringindo rotação, (2), (3) reduzindo deslocamento axial (translação), e (4) controlando a linha de ação da força de reação do solo.

Um número de sistemas de controle da pressão de três pontos é empregado por AFOs para impedir os movimentos nas articulações do complexo do pé e do tornozelo. O sistema de pressão de três pontos usado para controlar os movimentos: dorsiflexão (Figura 2.3-A) flexão - plantar (Figura 2.3-B). O controle da articulação subtalar envolve os movimentos de inversão (Figura 2.3-C) e inversão (Figura 2.3-D) e age impedindo esses movimentos. O sistema de

pressão de três pontos é necessário também para impedir a abdução do ante pé (Figura 2.3-E) e sua adução (Figura 2.3-F).

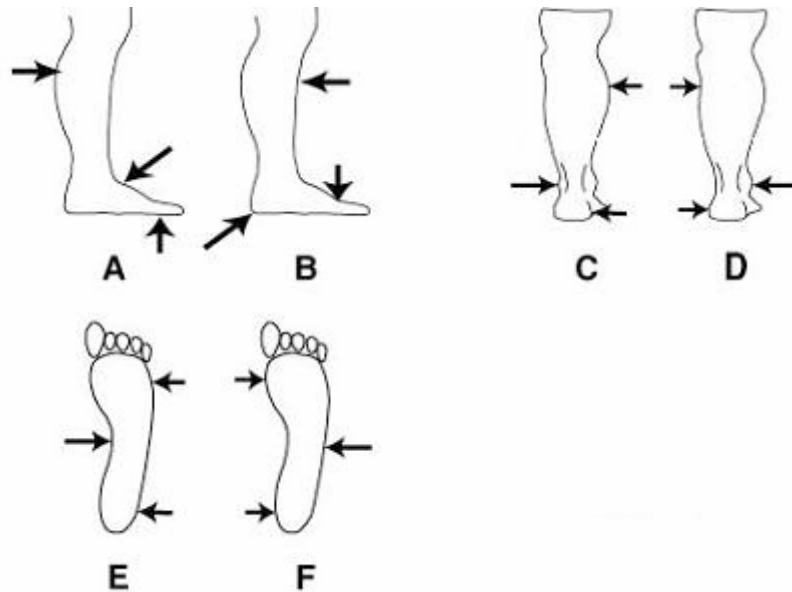


Figura 2. 3: Controle do sistema de pressão de três pontos para prevenir dorsiflexão (A), flexão - plantar(B), inversão (C), eversão (D), abdução (E), adução (F).

2.3.3.2. Sistema de controle à força de reação do solo.

Descrições e Aplicações

O uso do Sistema de Controle de Força de Reação ao Solo controla o movimento de um segmento e/ou de uma articulação do corpo com ou sem o uso de uma órtese. O controle da FRS nos membros inferiores por uma órtese somente é possível quando a órtese entra em contato com o solo durante a fase de apoio da marcha. O controle de três pontos age para controlar o movimento de uma articulação durante todo o ciclo da marcha, ou seja, durante a fase de apoio e balanço.

Antes do contato calcanear, a FRS não atua nos membros inferiores (Figura 2.4-A). Se a linha de ação da FRS atravessar a articulação nenhum momento ou movimento rotatório será gerado sobre a articulação. Se a linha de ação da FRS for alinhada a um lado da articulação então um momento será gerado. A menos que este movimento seja restringido ou neutralizado por músculos, ligamentos e ossos, etc. Na Figura 2.4 B a linha de ação da FRS localiza-se

posteriormente à linha central do tornozelo produzindo o movimento de flexão - plantar, se este movimento for restringido (ou controlado) o pé não caíra abruptamente no solo. Na Figura 2.4 C ilustra como o uso de uma órtese e o controle da FRS pode impedir a hiperextensão do joelho. Uma AFO rígida impede a flexão - plantar do tornozelo no contato inicial no ciclo da marcha. A ação da FRS é transferida para a articulação seguinte que cria um movimento de flexão no joelho e que impede a hiperextensão do joelho. Antes do contato calcanear, a FRS não atua nos membros inferiores (A), Contato calcanear sem uso da órtese, a FRS atua na direção da flexão - plantar do tornozelo(B). Contato calcanear com uso da órtese, no controle da FRS atuando para a flexão do joelho(C).

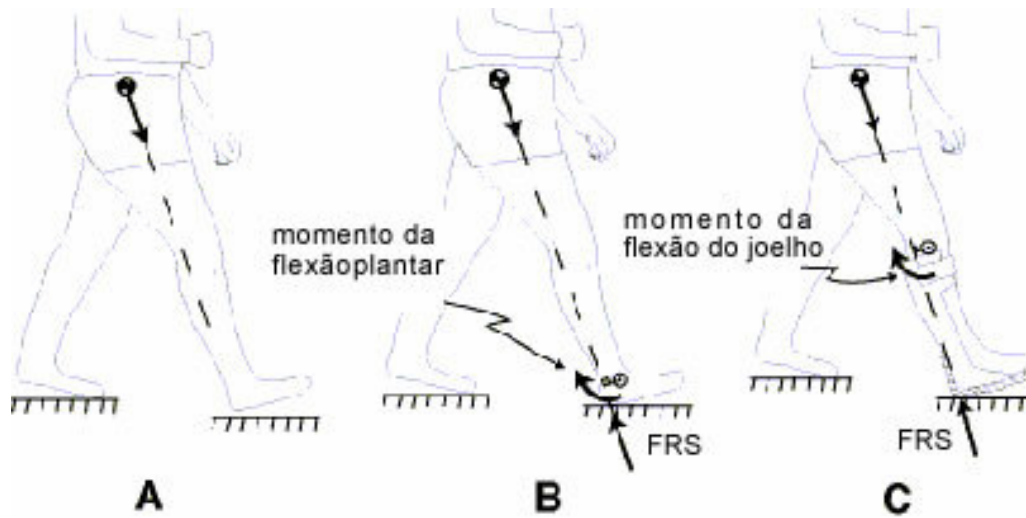


Figura 2. 4: Controle da FRS no plano sagital.

Quanto à aplicação das órteses, estas podem ser divididas em três tendências básicas:

(A) Terapêutica analítica, na qual as órteses são prescritas para diminuir uma espasticidade ou para prevenir deformidades (com a finalidade de corrigir hipertonias ou prevenir retrações e manutenção de resultados obtidos por procedimentos cirúrgicos);

(B) Terapêutica funcional, na qual o uso dos aparelhos visa a um resultado rápido, por exemplo: a marcha (no caso de retração do gastrocnêmios e sóleo provocando pé equíneo, retração dos flexores dos joelhos ou retração do psoas ou dos espinhais);

(C) Terapêutica global, na qual se procura por meio de aparelhos influenciarem as imagens motoras para reorganizar a motricidade (em casos de atetose, distonias e discinesias).

2.4. Estimulação Elétrica Neuro Muscular

Muitos esforços na busca por um tratamento para a paraplegia se concentram no implante de células-tronco de embriões na medula dos pacientes, técnica ainda em desenvolvimento cujos resultados só poderão ser observados em longo prazo. Um método menos divulgado, porém, oferece outra alternativa aos paraplégicos: locomover-se com a ajuda de estimuladores elétricos.

A Estimulação Elétrica Neuro Muscular (EENM) é uma forma de tratamento que utiliza a corrente elétrica para provocar a contração de músculos paralisados ou enfraquecidos decorrentes de lesão do neurônio motor superior, como acidentes vasculares encefálicos, traumas raqui-medulares ou traumas crânios encefálicos, paralisia cerebral, dentre outros. Essa corrente elétrica é específica de tal forma que possibilita a contração muscular funcional.

Em meados da década de 80, a EENM começou a ser pesquisada com o objetivo específico de reabilitar pessoas portadoras de lesões medulares ou outras disfunções do aparelho locomotor (Marsolais and Kobetic, 1987; Scott et al, 1985).

Esta técnica possui outros objetivos como a reeducação muscular, prevenção de atrofia, redução temporária da espasticidade e redução das contraturas e edemas, entretanto, o principal objetivo é aumentar suas funções motoras e subsequente independências.

Um obstáculo que vem sendo observado durante a estimulação elétrica é a fadiga muscular. A fadiga neuromuscular resulta de muitos fatores, cada um dos quais está relacionado a demandas específicas do exercício que produz. Esses fatores podem interagir de tal maneira que acabam afetando tanto a contração quanto à excitação. Apesar da fadiga ser um problema de ordem fisiológica, muitos estudos buscam soluções mecânicas ou alterando a característica do estimulador.

É necessário treinamento específico, a fim de se evitar a fadiga precoce que impediria a utilização funcional do método com objetivos reabilitacionais. Não é possível a obtenção de um movimento funcional de um membro paralisado por um simples pulso elétrico; são necessárias

séries de estímulos, com certa duração, seguidos por outros com uma apropriada frequência de repetição. Esta sequência de estímulos recebe o nome de trem de pulsos. Um período entre dois trens de pulsos período de repouso deve ser observado, a fim de se evitar a fadiga na fase de condicionamento muscular ou para permitir o controle das contrações musculares e se obterem movimentos úteis à locomoção. A forma do trem de pulsos pode ser retangular, porém fases de ascensão e descida mais inclinadas possibilitam uma contração muscular com características mais biológicas; se o tempo de subida do pulso (fase de ascensão ou ataque) for muito lento, a fibra nervosa sofre um processo de acomodação de membrana e pode não responder, apesar da intensidade de corrente satisfatória. No programa de recuperação funcional, além da forma do trem de pulsos, as características individuais de cada pulso devem ser determinadas, a fim de se obter o efeito terapêutico.

A diferença é que o recrutamento normal de fibras musculares é assíncrono, isto é, multiplexado no tempo pelo sistema nervoso central, enquanto que o recrutamento através da estimulação elétrica é síncrono, isto é, com um grupo de fibras recrutadas simultaneamente. Este último gera problemas de fadiga do grupo muscular recrutado, perdendo por sua vez sua função e também diminuindo o tempo de sessão (Wilhere et al., 1985; Cliquet, 1988). Fisiologicamente, os motoneurônios pequenos são estimulados primeiro, mas na estimulação elétrica o processo é inverso, os motoneurônios maiores são estimulados primeiro (Salmons, 1985).

A amplitude e a largura dos pulsos estão relacionadas ao recrutamento das fibras musculares que serão excitadas e a frequência dos pulsos controla a taxa de disparo das unidades motoras (Nathan e Tavi, 1990).

Matsunaga (1999) avaliaram a fadiga muscular resultante de estimulação elétrica intermitente de baixa e alta frequência (20 hz e 100 hz) para a utilização de controle em malha fechada. Testes foram realizados em voluntários saudáveis, para as medidas do grupo muscular normal e em pacientes paraplégicos, usando estimulação elétrica com eletrodos intramusculares para o grupo muscular paralisado. Para comparar a fadiga muscular foi utilizado um índice do decremento da força muscular durante a estimulação. Os resultados encontrados foram que ocorreu fadiga maior para os músculos estimulados com baixa frequência em todos os pacientes,

mostrando que a estimulação intermitente de alta frequência pode ser melhor utilizada para se desenvolver o sistema.

A intensidade de corrente mínima para a excitação de uma fibra muscular é chamada de “reobase” e a “cronaxia” é a duração relacionada a intensidade igual ao dobro da “reobase”. Os valores da “cronaxia” do músculo estão entre 12.5 e 13.8 ms e sua “reobase” está entre 52.5 e 56.25V (Benton et al. 1979). Pode ser observada na figura 2.5 uma curva de duração e amplitude do estímulo para um nervo e um músculo desnervado.

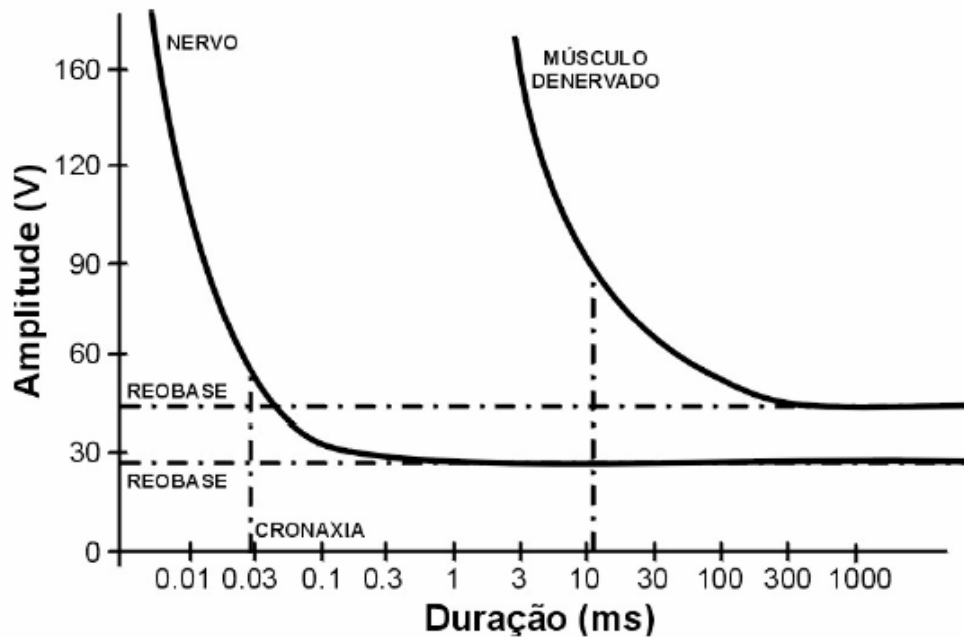


Figura 2. 5: Curva da duração pela amplitude do estímulo para um Nervo e para um Músculo Desnervado (modelo de Benton, 1979).

Resultados de trabalhos realizados indicam que as velocidades atingidas durante a marcha variaram de 4,7 centímetros por segundo (cm/s) a 10,1 cm/s, com cadências entre 15 e 21,4 passos por minuto. O exercício proporciona uma melhora no condicionamento cardio respiratório, mas a locomoção obtida ainda deixa a desejar: é lenta e exige muito dos membros superiores.

Um programa multiprofissional de reabilitação funcional orientado para as metas possibilita que o paciente com lesão medular viva de maneira mais completa e independente possível.

2.4.1.Sistemas Híbridos

Há relatos da existência de autômatos desde as primeiras civilizações e que a palavra robô tenha aparecido no início do século XX. Porém somente na década de sessenta é que surgiram os principais robôs bípedes.

De acordo com a American Heritage Dictionary, a robótica é a ciência ou o estudo da tecnologia associado com o projeto, fabricação, teoria e aplicação dos robôs. A palavra robótica foi utilizada primeiramente impressa na história de ficção científica de Isaac Asimov "Liar! " (1941) Nela, o autor se refere às 'três regras da robótica' que posteriormente se tornara as "Três leis da Robótica" O termo Robô (ou robot) tem origem na palavra checa robota, que significa "trabalho forçado". O robô presente no imaginário mundial teve origem numa peça do dramaturgo Karel Capek, na qual existia um autômato com forma humana, capaz de fazer tudo em lugar do homem.

No campo científico, o surgimento dos robôs foi precedido por evoluções e inovações nas técnicas da fabricação de dispositivos e de resolução dos modelos matemáticos. Os primeiros robôs foram construídos com forma semelhante ao braço humano, possuindo a forma serial na união de seus segmentos. Os robôs teleoperados foram desenvolvidos durante a segunda guerra mundial, para a finalidade de manipular materiais radioativos.

Recentemente, com os avanços em eletrônica e computadores, muitas dificuldades encontradas em robótica foram solucionadas ou minimizadas, tanto na fabricação de dispositivos elétricos e/ou mecânicos, como no desenvolvimento de ferramentas matemáticas e computacionais.

Atualmente, os robôs possuem tato, visão, audição e voz, porém ainda é uma máquina rudimentar, quando comparada aos sentidos especiais dos seres humanos. Os robôs são constituídos de uma estrutura mecânica e de uma unidade de controle. A estrutura mecânica serve como sustentação para a realização da tarefa específica do robô e o controle constitui-se

em um computador que controla os acionadores das articulações, configurando a estrutura do robô e assim definindo a posição e a orientação do órgão terminal.

Muitos pesquisadores têm estudado robôs capazes de realizar uma locomoção estável. Os autores dividem a locomoção em dois modos: estática e dinâmica. A marcha estática é a locomoção caracterizada pelo fato que a projeção do centro de gravidade no solo está sempre dentro da área de suporte do pé, ou pelo polígono formado por eles. Por outro lado, a marcha dinamicamente estável é a locomoção caracterizada pelo fato de que a projeção do centro de gravidade nem sempre está dentro da área de suporte do pé.

Órtese Híbrida é o termo utilizado para descrever uma órtese eletrônica combinada com uma órtese mecânica. É claro que EENM aplicada à locomoção é uma aproximação biomecânica da locomoção normal. Com o progresso contínuo em software de computador e sensores, a necessidade para apoio será limitada pela prevenção de danos às articulações, tecidos moles, e esqueleto como um resultado de contração de músculo não natural e superfícies de locomoção deficientes, montagem de superfícies para sensores, e para apoio parcial contra a gravidade.

Kagaya (1996) desenvolveram um sistema de trava para o joelho sendo utilizado com a estimulação elétrica, visando à recuperação da marcha de pacientes paraplégicos. O sistema reduz o período de estimulação elétrica para cerca de 6% do ciclo da marcha para os extensores de joelho, e para cerca de 15% para os flexores de quadril. O sistema híbrido possui a vantagem de possuir um funcionamento eficaz, além de reduzir a ocorrência da fadiga muscular.

Petrofsky (1985) estudou extensivamente a órtese de marcha recíproca (RGO - Reciprocating Gait Orthosis) para suportar o corpo contra gravidade. O componente de EENM de seu sistema (seis músculos) forneceu momentos de extensão do quadril para progressão adiante e auxiliou a flexão do quadril através de mecanismo de cabo do RGO. As vantagens oferecidas dos cabos interligados são: paciente pode controlar tamanho do passo, pode controlar mais facilmente a velocidade da marcha, pode andar para trás.

Para os fabricantes as maiores preocupações estão com o gasto energético, pois um dos maiores obstáculos é a desistência do uso da órtese pela quantidade de energia despendida para

realizar a marcha, muitos pacientes desistem devido à falta de informações e treinamento fisioterápico correto.

Estudos mostraram que a marcha assistida por HKAFO apresentou maior eficiência mecânica, na mensuração do gasto energético em portadores de lesão medular durante a deambulação com Estimulação Elétrica, devido ao suporte adequado de quadril e tronco que propiciam a estabilidade e manutenção do equilíbrio, quando comparado com o uso da Estimulação elétrica que obteve alto consumo de oxigênio resultante da fase de flexão e extensão do joelho e reequilíbrio postural (Cliquet, Baxendale & Andrews, 1989).

Fisekovic & Popovic (2001) desenvolveram e avaliaram um controle para marcha automática em tempo real, utilizando redes neurais artificiais, acelerômetros nas articulações coxo-femorais, goniômetros nas articulações dos joelhos e coxo-femorais e palmilhas com sensores de força. As marchas com e sem controle automático foram avaliadas mensurando a velocidade, o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca. Os resultados mostraram que a marcha com o controle automático alcançou uma velocidade maior e com menor esforço fisiológico comparada ao controle manual. Uma outra forma de controle em tempo real é o sinal mioelétrico da atividade muscular voluntária (captação de sinais acima do nível da lesão), diversos estudos de tratamento de sinais vêm sendo realizados para efetividade do sistema híbrido (Frigo et al., 2000).

Os portadores de lesão no neurônio motor superior deambulam com estímulo artificial e auxílio de andadores e muletas (Munhy & Ichie, 2001). O estímulo pode ser disparado com as mãos em uma chave (controle por malha aberta) ou a marcha é automática, no qual os parâmetros fisiológicos e biomecânicos são detectados por sensores artificiais, no caso strain gauges e acelerômetros, ou por sensores naturais (eletromiografia e eletroencefalograma) que enviam os sinais para o estimulador e através de complexos algoritmos (redes neurais artificiais, marcha humana) produzem ajustes dos parâmetros de estimulação em tempo real, disparando o estímulo artificial, através de cabos e eletrodos colocados no ponto motor do músculo e/ou nervo (Scott & Haugland, 2001). A postura ereta, ou seja, a posição ortostática oferece: prevenção das contraturas, diminuição da perda de densidade óssea, estimulação da circulação e função

cardiopulmonar, grande redução das complicações do trato urinário, melhoria geral no funcionamento dos órgãos internos, redução de escaras e benefícios sociais e psicológicos.

Pode-se concluir que a redução da rápida instalação da fadiga e do gasto energético durante a Estimulação Elétrica podem ser obtidos pelo uso de órteses mecânicas, bem como, pelo sistema de marcha automática.

2.5. Marcha Humana - Introdução

2.5.1. Marcha Normal

A Locomoção Humana é resultante de várias atividades musculares, habilitando o homem a se mover (Henning, 1999; Winter, 1991). O conhecimento da marcha humana normal é à base de um tratamento e da habilidade de reconhecer quais fatores predispõe a marcha patológica, especialmente quando os pacientes utilizam órteses ou próteses.

A marcha humana normal, ou deambulação é descrita como uma série de movimentos alternantes, rítmicos, das extremidades e do tronco que determinam um deslocamento da pelve diante do centro de gravidade. No corpo humano o Centro de Gravidade está localizado na segunda vértebra sacral.

O ciclo da marcha se inicia quando um calcanhar entra em contato com o solo e termina até o momento em que o mesmo calcanhar toca o solo novamente. Dividido em duas fases: a Fase de Apoio e a Fase de Balanço (Figura 2.6).

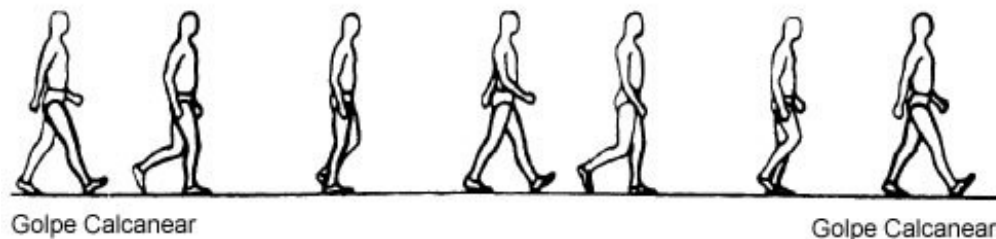


Figura 2. 6: Ciclos da Marcha Humana.

Passo e passada são considerados variáveis quantitativas. Contudo, é necessária uma definição destas variáveis. Dois passos (um passo direito e outro esquerdo) igualam uma passada, e uma passada é igual a um ciclo de marcha. Um passo pode ser definido em duas dimensões: distância e tempo. Comprimento do passo é a distância entre o ponto onde o calcanhar de um membro entra em contato com o solo, e o ponto em que o calcanhar do membro oposto entra em contato com o solo, enquanto que comprimento da passada é distância entre o ponto onde o calcanhar de um membro entra em contato com o solo e o ponto em que este mesmo calcanhar volta a tocar o solo (Figura 2.7).

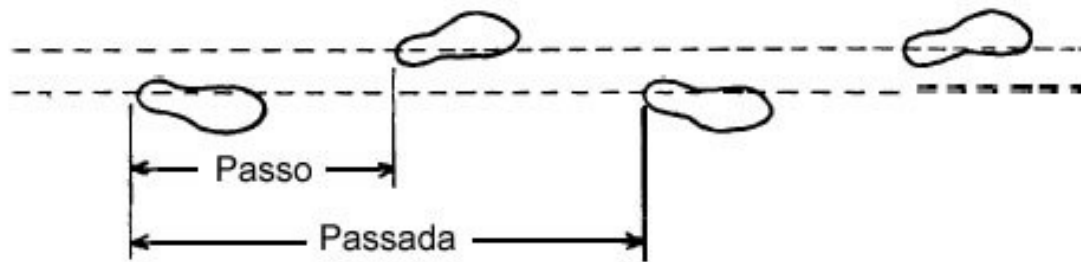


Figura 2. 7: Passo e Passada da Marcha Humana.

Apoio unipodálico se refere ao período onde apenas uma perna está em contato com o chão. O termo duplo apoio, refere-se aos dois intervalos num ciclo de marcha, onde o peso corporal está sendo transferido de um pé para outro, e tanto o pé direito quanto o esquerdo estão em apoio ao mesmo tempo.

Em adultos sem afecções patológicas e em velocidades normais a fase de apoio ocupa aproximadamente 62% de um ciclo da marcha e a fase de oscilação ocupa 38% (Rose & Gamble, 1998). O quadril está em flexão máxima no momento que o calcanhar toca o solo, aproximadamente 40°, e na fase de impulsão o quadril está em extensão de -10 °. O joelho descreve duas ondas de flexão sendo que a primeira onda (aproximadamente 15 ° de flexão) serve de absorção do choque do corpo ao solo, e a segunda onda é para liberar a passagem do pé na fase inicial do balanço, e é em torno de 70 ° de flexão (Smith, 1997).

2.5.1.1. Subdivisões da Fase de Apoio.

Há cinco momentos que são úteis ao subdividir a fase de apoio: 1)Contato calcanear, 2)Apoio plantar (pé plano), 3)Apoio médio, 4) Retirada do calcanhar e 5)Dedos fora. O contato

calcanear se refere ao instante em que o calcanhar da perna de referência toca o solo. O apoio plantar se refere ao contato da parte anterior do pé (ante pé) com o solo. O apoio médio ocorre quando o trocânter maior do fêmur está alinhado verticalmente com o centro do pé, visto do plano sagital. A retirada do calcanhar ocorre quando o calcanhar se eleva do solo, e dedos fora ocorre quando os dedos são retirados do solo. O momento que precede a fase de balanço é a retirada do hálux, pois este é o último a ser retirado.

A fase de apoio pode também ser dividida em intervalos com os termos 1) antecipação da sustentação, 2) apoio médio e 3) retirada da sustentação. O intervalo de antecipação de sustentação se inicia com o contato calcanear e termina com o apoio plantar. O intervalo de apoio médio se inicia com apoio plantar e termina com a retirada do calcanhar. O intervalo de retirada da sustentação se estende desde a retirada do calcanhar até dedos fora. (Figura 2.8).

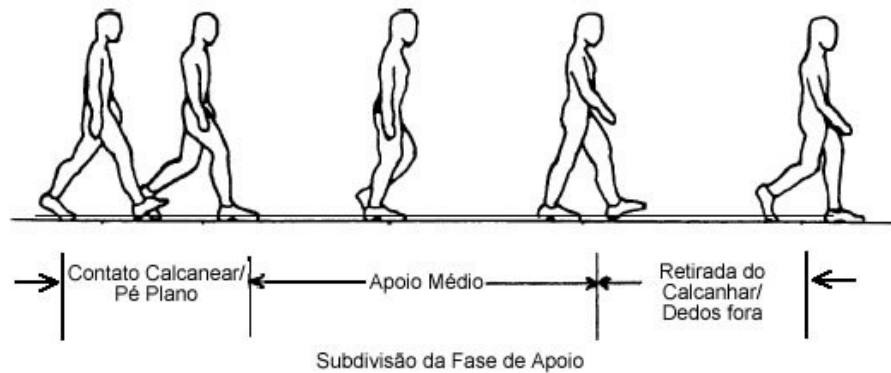


Figura 2. 8: Subdivisões da Fase de Apoio na Marcha Humana.

2.5.1.2.Subdivisões da Fase de Balanço

A fase de balanço divide-se em três intervalos designados com os termos de 1) Aceleração (Balanço Inicial), 2) Balanço médio e 3) Desaceleração (Balanço Final). Cada uma destas subdivisões constitui aproximadamente um terço da fase de balanço. O primeiro terço, referido como aceleração, caracteriza-se por rápida aceleração da perna imediatamente após retirada dos dedos (dedos-fora) do solo. (Figura 2.9).

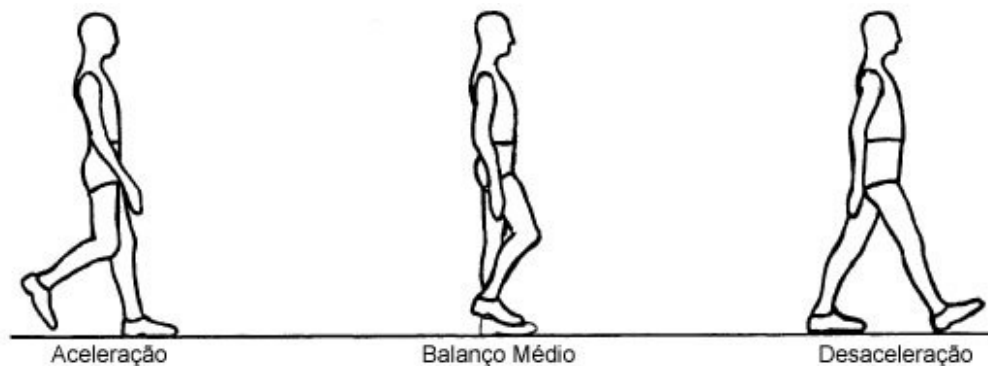


Figura 2. 9: Subdivisões da Fase de Balanço na Marcha Humana.

2.5.2.Características da marcha humana:

A) Centro de gravidade

As leis da mecânica dizem que o gasto mínimo de energia se consegue quando um corpo se move em linha reta, sem que seu centro de gravidade se desvie, tanto para cima como para baixo, como de um lado para outro. Como não é isto que ocorre na marcha, o centro de gravidade do corpo se desvia da linha reta, mas para que o gasto energético continue mínimo, o desvio ou deslocamento da pelve devem permanecer em um ótimo nível.

B) Deslocamento Vertical

Durante a marcha normal o centro de gravidade se move para cima e para baixo, de maneira rítmica, conforme a pessoa se desloca para frente. O pico do deslocamento se dá quando a extremidade que suporta o peso está no centro da fase de apoio; o ponto mais baixo ocorre no momento de duplo apoio, quando ambos os pés estão em contato com o solo. O ponto médio deste deslocamento vertical no adulto masculino é aproximadamente de 5 cm. A linha seguida pelo centro de gravidade é muito suave sem mudanças bruscas de desvios.

C) Deslocamento Lateral

Quando o peso é transferido de uma perna a outra, há um desvio da pélvis e do tronco para o lado do apoio do peso corporal. O centro de gravidade ao mesmo tempo em que desloca para frente não só sofre um movimento rítmico para cima e baixo, mas como também oscila de um lado a outro (Figura 2.10). O deslocamento total deste movimento também é aproximadamente

cinco cm. O limite dos movimentos laterais do centro de gravidade ocorre quando a perna está no apoio médio e a linha do centro de gravidade, neste caso, também apresenta curvas muito suaves.

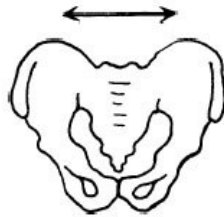


Figura 2. 10: Subdivisões da Fase de Balanço na Marcha Humana.

2.5.3.Características da marcha que influenciam a linha do centro de gravidade

A) Flexão do joelho durante a Fase de Apoio

Imediatamente após o contato calcanear, começa a flexão do joelho e esta continua durante a primeira parte da fase de apoio até aproximadamente 20° de flexão. Esta característica da marcha normal ajuda a suavizar a linha do centro de gravidade e reduz seu deslocamento para cima quando o corpo se encontra no centro da fase de apoio.

B) Deslocamento horizontal da pelve

Na marcha a pelve se desloca para baixo alternativamente, primeiro ao redor de uma articulação do quadril e depois na outra. O deslocamento horizontal é sutil e não pode ultrapassar 5 graus, como pode ser observado na Figura 2.11.



Figura 2. 11: Deslocamento horizontal da pelve durante a Marcha.

C) Rotação da Pelve

Além do deslocamento horizontal, a pelve realiza o movimento de rotação no plano horizontal. No quadril, a pelve rota para frente em torno da extremidade de apoio. A magnitude desta obliquidade pélvica é cerca de cinco a sete graus. Acompanhando a rotação pélvica, há

rotação interna e externa do fêmur e tibia-fíbula. A extremidade inferior inteira rota para dentro durante a fase de balanço entrando pela fase de apoio até que ocorra pé-plano. Então, em movimento de cadeia fechada, a extremidade rota externamente para atingir um máximo em dedos-fora.

Segundo Saunders, Inman e Eberhart (1953) descreveram seis determinantes principais da marcha que minimizam o dispêndio de energia na marcha por limitarem o deslocamento do centro de gravidade e alterações abruptas na sua direção. O primeiro determinante é a rotação pélvica transversa. A pelve no lado do balanço move-se para frente, tornando o segmento da perna efetivamente mais longo evitando que o centro de gravidade tenha que cair para colocar o calcanhar em contato com o solo.

O segundo e terceiro determinantes servem para deprimir a elevação do centro de gravidade pela inclinação para baixo da pelve no lado do balanço e pela flexão do joelho no lado do apoio.

O quarto e o quinto determinantes são o efeito de movimentos e a atividade muscular do joelho, tornozelo e pé sobre a trajetória sagital do joelho. Estes movimentos predominantemente no plano transversal mudam o arqueamento abrupto do joelho para uma curva senóide suave, que é a seguir refletida para o quadril e o centro de gravidade do corpo.

O sexto determinante da marcha é a posição aduzida da diáfise do fêmur e o ângulo tibiofemoral. Esta estrutura diminui a magnitude das excursões laterais do centro de gravidade sobre os pés suportando.

2.5.4. Métodos de estudo da marcha

Esta seção não tem a pretensão de abranger todos os tópicos da Biomecânica sim apenas descrever características necessárias para uma compreensão da analogia entre os termos técnicos da área biomédica e os termos de robótica utilizados neste trabalho.

O corpo humano pode ser definido fisicamente como um complexo sistema de segmentos articulados em equilíbrio estático ou dinâmico, onde o movimento é causado por forças internas atuando fora do eixo articular, provocando deslocamentos angulares dos segmentos, e por forças

externas ao corpo. A ciência que descreve, analisa, e modela os sistemas biológicos é chamada Biomecânica, uma ciência altamente interdisciplinar dada à natureza do fenômeno investigado. A Biomecânica do movimento busca explicar como as formas de movimento dos corpos de seres vivos acontecem na natureza a partir de parâmetros cinemáticos e dinâmicos (Zernicke, 1981).

A Biomecânica é um ramo de grande interação com áreas diversas que se aplicam ao estudo do movimento, em especial, o do corpo humano, como a Educação Física, Esporte, Medicina, Fisioterapia, Engenharia e Física, entre outras. Por se tratar de uma disciplina com alta dependência de resultados experimentais, é premente que a biomecânica apresente grande preocupação nos seus métodos de medição. Somente desta forma é possível buscar métodos e medidas mais acuradas e precisas para modelagem do movimento humano. Os métodos utilizados pela biomecânica para abordar as diversas formas de movimento são cinemetria, dinamometria, antropometria e eletromiografia (Winter, 1979; Baumann, 1995).

A Biomecânica é a aplicação dos princípios da mecânica ao corpo humano (Smith et al., 1997). A Cinesiologia é o estudo do movimento com a finalidade de compreender as forças que atuam no corpo humano. A Cinemetria é o conjunto de procedimentos biomecânicos para a obtenção das grandezas cinemáticas necessárias para descrever a posição e o movimento de seres vivos. Muitas técnicas de estudo do movimento priorizam a obtenção de dados quantitativos, permitindo o cálculo das velocidades, acelerações e forças. Na Mecânica isto é a análise cinemática e dinâmica dos corpos em movimento, onde a análise cinemática aborda o movimento considerando a posição de todos os componentes de um sistema em relação ao tempo, e a análise dinâmica permite o cálculo das forças necessárias para produzir um determinado movimento. Um exemplo disto é o estudo das relações angulares dos segmentos dos membros inferiores durante o ciclo da marcha.

Estudos cinéticos do momento angular, torque e força bem como observações clínicas em pessoas com paralisia muscular nos MMII demonstraram que os movimentos das extremidades superiores na marcha estão sob controle muscular, não sendo mais considerado um movimento balístico passivo. Estudos eletromiográficos em pacientes normais que atividade moderada do

deltóide posterior e médio começa ligeiramente antes que o braço comece a sua oscilação para trás e continua através da oscilação para trás.

O outro método se aplica na área da cinética, que se refere às forças de maior influência nos movimentos do corpo na marcha normal, são aquelas devido a:

- Gravidade
- Contração muscular.
- Inércia
- Força de reação do solo.

A Figura 2.12 ilustra a influência de várias forças na marcha. A força que o pé exerce no solo devido à gravidade e à inércia está em oposição com a força de reação do solo.

Como indica o desenho, na marcha normal os componentes vertical e horizontal da força de reação do solo (RV) e (RH) respectivamente, dão uma resultante em direção para cima e para trás. Por isso passa posteriormente ao eixo do joelho. Isso daria como resultante a flexão do joelho se não fosse aplicada nenhuma restrição. Esta restrição, ou melhor, essa força é oposta é exercida pelo músculo quadríceps, de maneira que o joelho se flexiona de forma controlada.

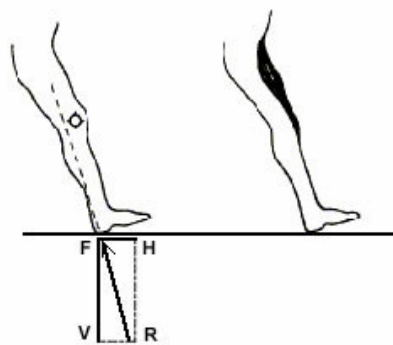


Figura 2. 12: Força de Reação do Solo.

Dentre os estudos biomecânicos que buscam descrever indicadores do comportamento das variáveis dinâmicas durante a marcha, tem-se usado muito a força reação do solo como componente descritivo primário para indicar a sobrecarga no aparelho locomotor durante a fase

de apoio, pois ela reflete a somatória dos produtos da aceleração da massa de todos os segmentos do corpo (Winter, 1991).

A FRS representa uma das mais importantes grandezas para análises biomecânicas do movimento, por ser soma algébrica da aceleração da massa de todos os segmentos corporais, ou seja, o total líquido de todas as forças musculares e gravitacionais atuando em cada instante durante a fase de apoio (Winter, 1994). Esta variável biomecânica mostrou-se sob a forma de um padrão constante e repetitivo independente das condições do solo, idade dos sujeitos ou velocidade da marcha. Este padrão apresenta determinadas características que podem ser alteradas devido às condições ambientais ou do sujeito como a presença de uma patologia, por exemplo; porém sua forma geral é constante e regular.

Com o propósito de analisar o plano sagital, a marcha foi considerada em três intervalos seguidos:

- Fase de contato calcanear a fase de apoio médio,
- Fase de apoio médio a Fase dedos-fora,
- Fase de balanço.

Cada um destes intervalos de ações do tornozelo, joelho e quadril, discutem-se separadamente, em termos de fatores cinemáticos e cinéticos. A discussão dos fatores cinéticos se refere às forças criadas externa e internamente. A análise cinemática mostra o deslocamento angular dos segmentos corporais, quantificando as alterações percebidas, podendo correlacionar com outros desvios, definindo como um problema primário ou uma resposta adaptativa (Ramalho Jr. 1998).

A cinemática da locomoção humana mostra dois deslocamentos do seu centro de gravidade, um no sentido vertical e outro no sentido horizontal (Rossi, 1998; Rose & Gamble, 1998).

2.5.5. Movimento no Plano Sagital entre Contato Calcanear e Ponto de Apoio Médio

I. Tornozelo

A) Análise cinemática.

Simultaneamente com o contato calcanear \Leftrightarrow a articulação começa a mover-se em direção à flexão plantar.

No tempo em que a planta do pé está em contato com o solo \Leftrightarrow a articulação do tornozelo sai da posição neutra pra 15 graus de flexão plantar.

Pé plano \Leftrightarrow a tíbia e outros segmentos da perna apoiada começam a avançar para frente (pé fixo).

Apoio médio \Leftrightarrow a articulação do tornozelo apresenta aproximadamente cinco graus de dorsiflexão. O movimento de dorsiflexão é devido ao avanço da tíbia, já que o pé encontra-se fixo (Figura 2.13).

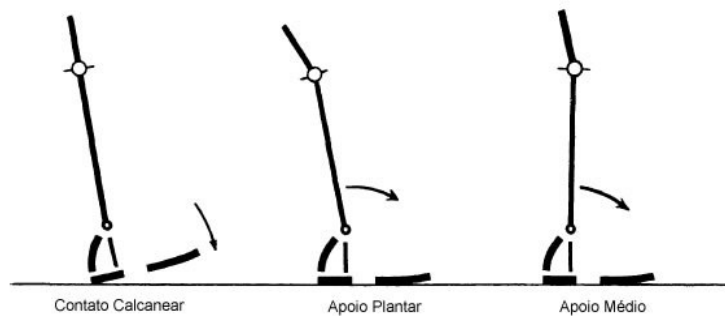


Figura 2. 13: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.

B) Análise Cinética

- Forças externas

Contato do calcanhar \Leftrightarrow por um breve período de tempo a resultante das forças de reação do solo passa pela frente da articulação do tornozelo. De acordo com a atuação dessa força, um momento de força de pequena magnitude (1 kg) tende a mover a articulação do tornozelo para a dorsiflexão. Esse movimento não ocorre devido à descida (contato) do calcanhar no solo.

Após contato calcanear \Leftrightarrow á medida que aumenta o peso do corpo sobre o pé, o rápido aumento da força vertical faz com que a resultante passe por trás da articulação, gerando um momento de força em direção à flexão plantar.

Pé plano \Leftrightarrow durante a transição da fase de contato calcanear para pé plano, o tornozelo realiza o movimento de flexão - plantar. Depois a FRS move-se novamente para a região anterior da articulação do tornozelo e cria um momento de força na direção da dorsiflexão. Este momento corresponde à força gerada pela tíbia ao deslizar para frente sobre o pé fixo.

Apoio Médio \Leftrightarrow o momento de força continua para dorsiflexão (Figura 2.14).

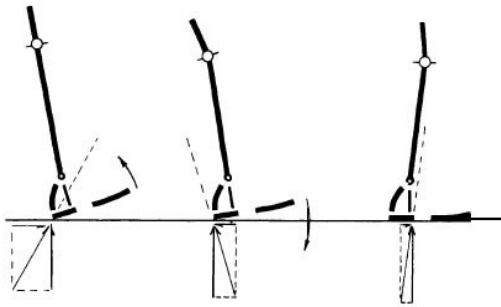


Figura 2. 14: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.

- Forças Internas:

Contato calcanear \Leftrightarrow os três principais dorsiflexores estão em atividade, extensor longo dos dedos, extensor longo do hálux e tibial anterior, sendo este o principal atuador. O grupo muscular de flexores plantares produz uma contração excêntrica para fornecer força suficiente para evitar que o ante pé golpeie contra o solo, devido às forças de gravidade e inércia, que tendem a levar o pé para a flexão plantar.

Pé Plano \Leftrightarrow a tíbia inicia o movimento de anteriorização sobre o pé fixo, os dorsiflexores estão essencialmente inativos e os músculos da panturrilha (gastrocnêmio, sóleo, tibial posterior, flexor longo dos dedos e fibular posterior) demonstram um aumento gradual de sua atividade. Para a maior parte destes músculos sua atividade continua aumentando acima do ponto de Apoio Médio (Figura 2.15) com o propósito de controlar a velocidade com a tíbia avança para frente sobre o pé fixo.

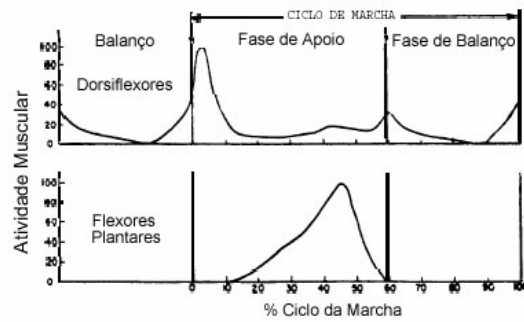


Figura 2. 15: Atividade muscular dos músculos da perna nas fases de apoio e balanço.

II. Joelho

A) Análise Cinemática

Momentos antes do contato calcanear \Leftrightarrow a articulação apresenta-se em extensão completa.

Contato calcanear \Leftrightarrow a articulação do joelho inicia o movimento de flexão e esta aumenta gradualmente até que a sola do pé fique plana.

Pé plano \Leftrightarrow a articulação do joelho apresenta aproximadamente vinte graus de flexão e começa a mover-se para a flexão.

Apoio Médio \Leftrightarrow o joelho apresenta 10 graus de flexão e inicia o movimento de retorna para extensão.

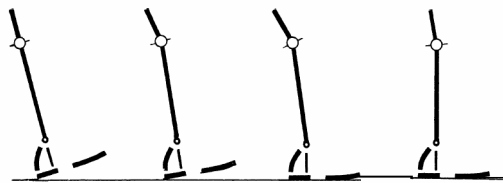


Figura 2. 16: Análise cinemática da articulação do joelho no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.

B) Análise Cinética

- Forças Externas

Contato Calcanear \Leftrightarrow as forças externas geradas levam a articulação do quadril para a flexão.

Pé plano \Leftrightarrow o momento da força atua em direção à flexão no quadril.

Apoio Médio \Leftrightarrow a resultante da Força de Reação do solo passa por trás do centro da articulação do quadril e a força mecânica atua para a extensão do joelho (Figura 2.17).

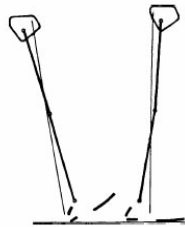


Figura 2. 17: Análise cinética da articulação do joelho do tornozelo no plano sagital entre contato calcanear e ponto de apoio médio.

- Forças Internas

A ação do glúteo máximo e dos isquiotibiais é resistir (contrabalancear) o movimento de forças que tendem a flexionar o quadril depois do contato calcanear. Os eretores espinhais também estão ativos para resistir à tendência do tronco emir para flexão.

2.5.6. Movimento no Plano Sagital entre Apoio Médio e Retirada do Calcanhar.

I. Tornozelo

A) Análise Cinemática

Apoio Médio \Leftrightarrow a dorsiflexão aumenta rapidamente para cinco graus durante o apoio médio.

Retirada do calcanhar \Leftrightarrow a articulação do tornozelo apresenta quinze graus de dorsiflexão.

Intervalo entre retirada do calcanhar e retirada do pé (dedos-fora) \Leftrightarrow a relação angular entre a tíbia e o pé são quase opostas. Durante a retirada do calcanhar de quinze graus de

dorsiflexão, o tornozelo se move em torno de 35 graus, com a retirada do pé a articulação apresentará vinte graus de flexão plantar. Todas as articulações são observadas na figura 2. 18.

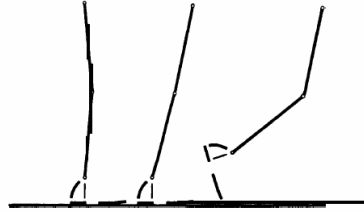


Figura 2. 18: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.

B) Análise Cinética

- Forças Externas

Após Apoio Médio \Leftrightarrow a perna continua a deslizar sobre o pé fixo. Conforme a perna continua a ir para frente, o momento de força aumenta consideravelmente devido à mudança do ponto de apoio entre o solo e o pé, conforme o calcanhar se eleva. Isso aumenta a distância perpendicular entre articulação do tornozelo e a força resultante de reação do solo.

Retirada do Calcanhar \Leftrightarrow momento onde a dorsiflexão máxima é alcançada.

Dedos-fora: a articulação do tornozelo encontra-se em posição neutra. Conforme mostrado na figura 2. 19.



Figura 2. 19: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.

- Forças Internas

A atividade do gastrocnêmio e sóleo começa em pé-plano com uma contração excêntrica para retardar e controlar o avanço da tibia sobre o pé em dorsiflexão em cadeia cinética fechada, como demonstrado na figura 2.20.

A atividade máxima ocorre imediatamente após a fase de calcanhar-fora quando a contração muscular torna-se concêntrica e a seguir isométrica para produzir flexão plantar e estabilizar o pé em supinação. A importância da contração excêntrica dos músculos da panturrilha para controlar o avanço da tibia desde pé-plano através do meio de apoio pode ser vista em pessoas com fraqueza grave ou paralisia do grupo tríceps sural.

O músculo tibial posterior, flexor longo dos dedos e flexor longo do hálux são classificados como músculos da panturrilha e como flexores plantares, mas produzem forças ineficazes em virtude do seu pequeno tamanho e má alavancagem. Eles possuem, no entanto importante atividade nas articulações tarsais e nos dedos. O tibial posterior contrai-se na fase de golpe-calcanear, e tem sua atividade máxima imediatamente após calcanhar-fora, sendo inativo através da fase de balanço. O flexor longo dos dedos e o flexor longo do hálux são ativados após pé-plano, imediatamente antes de dedos-fora e, são inativados na fase de balanço.

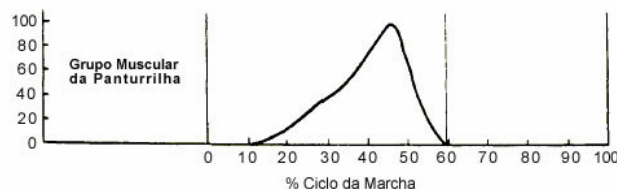


Figura 2. 20: Atividade Muscular do tríceps sural durante a marcha.

II. Joelho

A) Análise Cinemática

Apoio Médio \Leftrightarrow a articulação do joelho apresenta 10 graus de flexão, movendo-se para a extensão.

Retirada do calcanhar e dedos-fora \Leftrightarrow a articulação do joelho encontra-se em uma extensão completa retornando de quarenta graus de flexão. As posições das articulações podem ser observadas na figura 2.21.

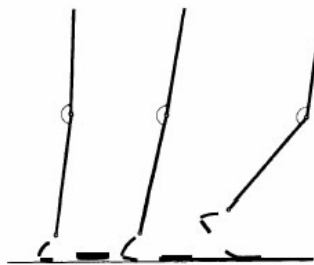


Figura 2. 21: Análise cinética da articulação do joelho no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.

B) Análise Cinética

- Forças Externas

Apoio Médio \Leftrightarrow as resultantes da FRS passam por trás da articulação do joelho gerando a flexão da articulação.

Apoio Médio e Retirada do calcanhar \Leftrightarrow conforme o corpo humano se movimenta para frente sobre a perna em que se apóia a FRS também se locomove para frente, reduzindo assim a magnitude do momento de flexão.

Retirada do calcanhar \Leftrightarrow a força resultante continua movendo-se e agora se encontra na região anterior da articulação realizando agora o momento de extensão. A máxima atividade dos flexores plantares ocorre no momento em que a força resultante passa na região anterior da articulação do joelho.

Retirada dos dedos \Leftrightarrow a FRS, retorna para região posterior do joelho tendendo a flexioná-la novamente.

As subdivisões da marcha poder ser observadas na figura 2.22



Figura 2. 22: Análise cinética da articulação do tornozelo no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.

Durante a retirada do pé, o ponto de reação entre o pé e o solo passa na região anterior das articulações metatarso falangianas. No momento em que a FRS passa sobre as articulações metatarso falangianas, o joelho inicia a flexão e as forças resultantes passam novamente na região posterior da articulação do joelho. A magnitude do momento de flexão atuando no joelho continua aumentando até atingir o apoio duplo, onde o peso corporal começa a deslocar-se a perna contralateral, reduzindo o momento de flexão do joelho.

- Forças Internas

Quando a FRS passa na região anterior do joelho, como está indicado na figura seguinte(2.23), gera-se um momento de força para a extensão e não é necessária nenhuma contração muscular dos extensores do joelho para controlar a estabilidade da articulação. O músculo gastrocnêmio, além de sua ação no tornozelo, ajuda a evitar a hiperextensão do joelho. Entre a retirada do calcanhar e a retirada dos dedos a FRS produz um momento de flexão no joelho. A ação do músculo quadríceps para o final da fase de apoio ajuda a controlar a potência e a quantidade de flexão do joelho.

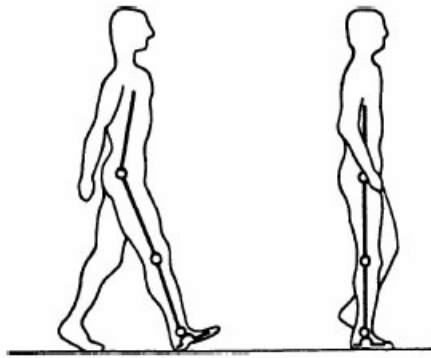


Figura 2. 23: Momento de força – Força de Reação do Solo.

III. Quadril

A) Análise Cinemática

Apoio Médio \Leftrightarrow a partir da posição neutra (zero graus) durante o apoio médio, o quadril continua movendo-se para a extensão.

Retirada do calcanhar \Leftrightarrow o quadril encontra-se entre dez a quinze graus de extensão. Após a retirada do calcanhar o quadril encontra-se em vinte graus de extensão.

Dedos-fora \Leftrightarrow o quadril encontra-se na posição neutra e está se movendo para a flexão. (Figura 2.24).

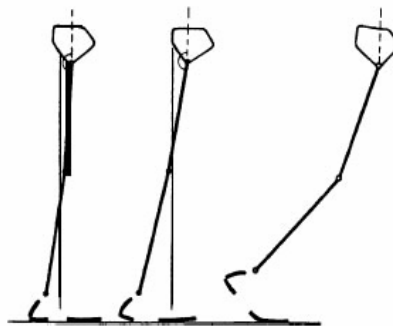


Figura 2. 24: Análise cinética da articulação do quadril no plano sagital entre apoio médio e retirada do calcanhar.

B) Análise Cinética

- Forças Externas

Durante o apoio médio, a FRS passa pela região posterior da articulação do quadril, produzindo um momento de extensão. A magnitude deste momento de extensão continua aumentando até a fase de apoio duplo, onde o peso corporal é transferido parcialmente para o membro oposto. Imediatamente antes do apoio duplo, a magnitude deste momento de extensão que atua sobre o quadril que está suportando o peso corporal atinge seu máximo, e então diminui rapidamente, uma vez que se inicia a fase de apoio duplo.

- Forças Internas

Os músculos iliopsoas e o adutor longo geram um momento de força para a flexão no quadril durante a fase de retirada do calcanhar. O pico inicial é quase síncrono com os máximos do quadríceps, posteriores da coxa, abdutores e glúteo máximo no momento em que está ocorrendo desaceleração e transferência de peso corporal. O movimento de anteriorização do fêmur inicia a flexão do joelho, enquanto que o pé ainda está em contato com o solo.

2.5.7. Movimento no plano sagital durante a Fase de Balanço

I. Tornozelo

Entre a elevação do pé e o ponto médio do balanço, o pé se move de uma posição inicial de flexão - plantar ao sair do contato do solo a uma posição essencialmente neutra, que se manterá até o final da fase de balanço. (Figura 2.25)

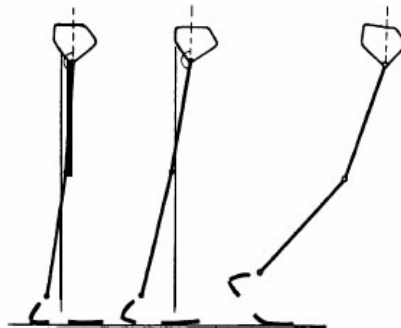


Figura 2. 25: Análise cinemática da articulação do tornozelo no plano sagital na fase de balanço.

II. Joelho

Balanço Médio \Leftrightarrow o joelho se flexiona de uma posição inicial aproximadamente de quarenta graus para um ângulo de flexão máxima durante a marcha (sessenta e cinco graus). A ação do quadríceps atua para controlar uma elevação excessiva do membro e contribui também para uma aceleração para frente da perna.

Fase Média do Balanço para Contato Calcanear \Leftrightarrow o joelho realiza extensão completa no último instante da fase de balanço. A ação dos isquiotibiais durante este período, ajuda a desacelerar o balanço da perna e ajuda a controlar a posição do pé para o contato calcanear.

III. Quadril

Retirada do pé até Balanço Médio \Leftrightarrow a articulação do quadril parte de uma posição neutra, para uma flexão de trinta graus, ao atingir a fase de balanço médio. Os músculos flexores do quadril estão ativos durante o início deste intervalo.

Fase Média do Balanço para Contato Calcanear \Leftrightarrow o ângulo do quadril não se altera muito. Na última fase deste intervalo, os músculos extensores do quadril (principalmente os isquiotibiais) estão ativos para controlar o movimento da perna para frente.

2.5.8. Ação Muscular durante a Marcha

Tem-se comprovado que as maiorias dos principais grupos musculares da extremidade inferior estão ativas durante o ciclo da marcha, principalmente no período de apoio e princípio e final do período de balanço. Isto se dá em função das acelerações e desacelerações do membro inferior e transferências do peso do corpo de um pé ao outro. Na marcha normal, os músculos contraem e relaxam de modo preciso segundo Rose (1987), os padrões de atividade muscular são principalmente amortecedores de choque do que propulsivo, não aumentando com o aumento da velocidade.

De acordo com Vaughan et al (1992), como regra geral, a principal ação dos músculos durante a marcha é acelerar e desacelerar os movimentos angulares da perna. Durante a marcha

humana, a contração muscular é controlada de modo a produzir eficiência energética máxima, com o movimento adequado para frente.

Muitos músculos responsáveis pela marcha se contraem isométrica ou excentricamente, forma mais eficiente de contração em termos energéticos, permitindo assim, a manutenção da postura ereta contra a gravidade ou a transferência e armazenamento energético entre os segmentos do membro.

As contrações concêntricas, que utilizam mais energia, são usadas apenas em breves disparos na marcha normal (Rose & Gamble, 1998). No contato inicial do pé, quando o membro atinge o solo, o corpo começa a desacelerar. Os isquiotibiais e os músculos pré-tibiais apresentam seu pico máximo de atividade freando a aceleração do corpo para frente; continuam sua ação no início do período de apoio ajudando o glúteo máximo a estender o quadril (Basmajian, 1972; Villadot 1984). A contração dos dorsiflexores do pé faz com que o pé passe do contato do calcanhar para o pé aplanado lentamente de m modo controlado, facilitando a descida do ante pé e não permitindo que ele se choque com o solo (Rose e Gamble, 1998). Os isquiotibiais atuam em cadeia cinética aberta durante o balanço, desacelerando a oscilação para frente do membro pela ação de extensão sobre o quadril e flexão do joelho. Os adutores atuam duas vezes durante o ciclo da marcha: no início da fase de balanço diminuindo o comprimento do membro inferior e no final deste mesmo período, estabilizando o membro inferior durante o contato com o solo.

O quadríceps atua, principalmente, no final do período oscilante e início do período de apoio, estabilizando o joelho no momento de contato com o solo (Viladot, 1984). De acordo com Rose e Gamble, 1998, a extensão do joelho é realizada pela ação concêntrica dos extensores do joelho e auxiliada ela flexão concêntrica dos flexores plantares, tendendo a mover o ponto de contato do membro par frente ao mesmo tempo, restringindo o avanço passivo da tíbia. O glúteo máximo, forte extensor do quadril, atua no final de oscilação e início do período de apoio, estabilizando o quadril no momento do choque do calcanhar (Villadot, 1984). O tensor do fásia lata possui dois momentos de contração durante o ciclo; primeiro momento é sincrônico ao glúteo máximo, no final do período de oscilação (balanço) e início do período de apoio, desta forma evitando o deslocamento posterior do trato iliotibial onde se insere a maior parte do glúteo

máximo; o segundo momento é sincrônico ao psoas ilíaco e tem a função de contrair-se no início do período de oscilação para flexionar o quadril, diminuindo o comprimento do membro inferior e impulsionando-o para a frente.

A fase de apoio médio, para Rose e Gamble (1998), o centro de gravidade do corpo atinge seu ponto mais alto e é descolado para a rente enquanto o joelho permanece estendido. Sendo os flexores plantares os responsáveis pela estabilização funcional do joelho (Basmajian, 1972). A contração excêntrica do músculo sóleo mantém o ante pé pressionado contra o solo, criando uma união de forças que permite a extensão do joelho neste período, sem necessidade de ação do quadríceps.

Na fase terminal do apoio, o acoplamento das forças de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo continua a manter o joelho passivamente estendido, mas este ponto, os flexores plantares do tornozelo começam a contração por encurtamento, o que acelera o corpo para a frente (Rose e Gamble, 1998; Vaught et al, 1992). O grupo muscular da panturrilha principalmente o gastrocnêmio e solear apresentam a atividade máxima durante a impulsão deslocando o centro de gravidade para cima e para frente.

Na retirada do calcanhar os plantiflexores aumentam sua atividade cessando com a retirada dos dedos, sendo esta força anti-gravidade necessária para gerar este momento. Logo após o membro oposto atingir o solo, iniciando o pré-balanço do membro analisado, os flexores plantares não estão mais com atividade e os flexores do quadril começam a levantar o membro por ação concêntrica e balançar-lo para frente.

Novamente o reto femoral é ativado na última parte da fase de apoio quando o quadril é fletido e a perna é acelerada para frente, para prevenir excessiva retirada do calcanhar. Conforme Rose e Gamble (1998) no tornozelo, os músculos flexores dorsais começam uma contração concêntrica, para permitir que o pé saia do chão, atuando durante toda a fase de balanço. Durante o balanço o membro comporta-se como um pêndulo passivo em grande parte desta fase, sendo que o início do balanço ocorre com o final da atividade dos músculos iliopsoas e reto anterior da coxa.

O quadríceps é ativo também, na produção da adequada oscilação para frente da perna. Enquanto o quadril é fletido, sendo esta uma ação de extensão para fazer com que a perna siga a coxa.

A duração exata do balanço e o comprimento da passada dependem do comprimento do membro inferior que balança livremente, do atrito dinâmico da articulação do joelho e de seus tecidos associados na fase final do apoio o membro que está em balanço terminal começa a desaceleração ativa pela contração excêntrica ou isométrica dos músculos flexores do joelho, desacelerando com eficiência a flexão do quadril e a extensão do joelho preparando assim o toque do calcanhar, iniciando novamente o ciclo (Rose e Gamble, 1998).

2.6. Uso de Dispositivos Auxiliares da Marcha

Existem numerosos equipamentos auxiliares para pessoas que têm dificuldade de marcha, ou não podem andar independentemente sem usar algum equipamento. Esses auxílios externos são muletas, bengalas e andadores. Cada uma delas apresenta diversas modificações do modelo básico, muitas delas desenvolvidas em atendimento às necessidades de um problema específico de determinado paciente, ou de um grupo diagnóstico. Os dispositivos auxiliares são prescritos por uma série de razões, inclusive problema de equilíbrio, dor, fadiga, fraqueza, instabilidade articular, carga esquelética excessiva, e com finalidade estética. Outra função primária dos dispositivos auxiliares é a eliminação da carga do peso, de modo parcial ou completo, sobre um membro (Sullivan, 1993; Gardiner, 1997).

2.6.1. Marcha com auxílio de muleta

Conforme Basmajian (1987), Sullivan (1993) as muletas são usadas com maior frequência no aumento do equilíbrio e para o alívio completo ou parcial da sustentação do peso sobre o membro inferior. Elas são tipicamente usadas bilateralmente e funcionam para aumentar a base de sustentação, para melhorar a estabilidade lateral, e para permitir que os membros superiores transfiram o peso corporal para o solo. Esta transferência de peso através dos membros superiores permite uma deambulação funcional, enquanto é mantido um estado de sustentação restrita do peso. A marcha com muletas é uma habilidade que se aprende e que precisa de repetição contínua e atenção constante aos detalhes para ser aperfeiçoada. Dos três fatores o equilíbrio é aquele em que é mais importante atingir o nível máximo antes de ser permitido ao

paciente a deambulação com muletas, por rotina. O tipo de marcha com muletas que se vai ensinar às pessoas incapacitadas dependerá certamente de vários fatores: tipo, extensão e grau da incapacidade e padrão de fraqueza residual. Estes fatores variam de paciente para paciente e cada um deve ser estudado individualmente. Contudo existe uma progressão na marcha, de mais simples para mais difícil, de mais lenta para mais rápida. As marchas mais simples são a “marcha de tripé com arrastamento”, a “marcha de cadeira de balanço” e a “marcha de tripé com passos alternados”. Essas marchas são “simples” apenas no sentido de que não são muito complexos os padrões dos movimentos necessários para produzir deslocamento e avanço para frente. Para a maior parte elas são a continuação direta dos exercícios de equilíbrio em muletas e de pé, sem sustentação. As muletas são colocadas alguns centímetros adiante do paciente, que a seguir inclina-se para frente e, ou arrasta os dois pés até às muletas, ou oscila para diante e para trás até que os seus pés avancem até às muletas, ou traz primeiro um pé até às muletas e depois o outro. Nos dois primeiros casos os pés raramente se levantam do chão de forma que é constantemente mantido um “tripé” que proporciona um equilíbrio e uma estabilidade consideráveis. No terceiro tipo de marcha, o tripé é momentaneamente perturbado cada um dos pés avança. É necessário um equilíbrio melhor para esta marcha, de forma a absorver o menor desvio de peso de um lado para o outro e para trás.

Para Sullivan (1993), os padrões de marcha diferem significativamente em suas necessidades energéticas, base de sustentação e na velocidade com que podem ser executados. Marcha em três pontos; neste tipo de deslocamento, três pontos de apoio contactam o solo. É usada quando há necessidade de uma situação de não-sustentação de peso em um membro inferior. O peso corporal é exercido sobre as muletas, e não sobre o membro inferior afetado. Marcha com sustentação parcial de peso; esta marcha é uma modificação do padrão de três pontos. Durante a progressão para frente do membro envolvido, o peso é suportado parcialmente por ambas as muletas e pelo membro afetado.

Durante a instrução da marcha com sustentação parcial de peso, deve ser enfatizado o uso de uma progressão normal do tipo “calcanhar-dedos dos pés” pelo membro afetado. Marcha em quatro pontos; este padrão propicia uma marcha lenta e estável, pois são mantidos três pontos de contato com o solo. O peso é lançado sobre ambos os membros inferiores; o padrão é tipicamente usado nos casos de envolvimento bilateral, relacionados ao equilíbrio problemático,

incoordenação ou debilidade muscular. Neste padrão de marcha, uma muleta é avançada e, então, o membro inferior oposto é avançado. Por exemplo, a muleta esquerda é movimentada para frente e, em seguida, o membro inferior direito, seguindo-se a muleta direita, e então o membro inferior esquerdo. Marcha em dois pontos; este padrão de marcha é similar à marcha de quatro pontos. Contudo, é menos estável porque são mantidos apenas dois pontos de contato no solo. Assim, o uso desta marcha requer um melhor equilíbrio. .

2.6.2. Marcha com auxílio de andadores

Andadores são usados para melhorar o equilíbrio e para o alívio da sustentação do peso, completa ou parcialmente, sobre um membro inferior. Dentre as três categorias de dispositivos auxiliares deambulatórios, os andadores asseguram a maior estabilidade. Eles propiciam uma ampla base de sustentação, melhoram a estabilidade anterior e lateral, e permitem que os membros superiores transfiram o peso corporal para o solo.

Há três tipos de padrões de marcha empregados com os andadores; são as marchas com sustentação de peso completa parcial, ou ausente. Sustentação de peso completa: 1). O andador é segurado e movimentado para frente cerca de um braço de comprimento; 2). O primeiro membro inferior é movimentado para frente; 3). O segundo membro inferior é movido para frente, para além do primeiro; 4) o ciclo é repetido. Sustentação de peso parcial: 1). O andador é segurado e movimentado para frente cerca de um braço de comprimento; 2.) O membro inferior envolvido é movimentado para frente, e o peso do corpo é transferido parcialmente para este membro, e parcialmente através dos membros superiores para o andador; 3.) O membro inferior não envolvido é movimentado para frente, para além do membro envolvido; 4.) O ciclo é repetido. Sem sustentação de peso: 1.) O andador é segurado e movimentado para frente cerca de um braço de comprimento; 2.) O peso é então transferido, através dos membros superiores, para o andador. O membro envolvido é mantido anteriormente ao corpo do paciente, mas não faz contato com o solo; 3.) O membro não envolvido é movimentado para frente; 4.) O ciclo é repetido.

Para a obtenção da eficiência biomecânica durante a marcha patológica é essencial a adequação das cargas aplicadas nos membros superiores e inferiores para melhorar a postura e o equilíbrio, além de potencializar a reabilitação de indivíduos que possuem lesões ortopédicas e/

ou neurológicas. O prognóstico favorável em algumas destas patologias, depende, por exemplo: da sustentação de peso nos membros inferiores, gerando o efeito piezoelétrico nas estruturas ósseas, bem como, a redução da sobrecarga corpórea aplicada nos membros superiores, para prevenção de lesões articulares ou complicações decorrentes de siringomielia pós-traumática.

A falta de sentido cinestésico ou proprioceptivo de indivíduos, com lesões medulares, leva-os à utilização de muletas ou andadores. O lesado medular perde movimentos e sensações. Ele não tem noção das articulações nem do contato dos pés com o solo. Muletas são necessárias para ajudar no equilíbrio do indivíduo. No caso de um sistema artificial de reabilitação ou de um sistema de estimulação neuromuscular, para paraplégicos, quanto menos se fizer uso dos membros superiores mais bípede é a locomoção, e melhor o sistema artificial. Se os esforços exercidos pelos membros superiores forem demasiados, a tendência é o indivíduo retornar à cadeira de rodas (Maalej e Webster, 1988), que é mais cômoda, causando o atrofiamento dos músculos dos membros inferiores (Zhu *et al.*, 1991) e tornando mais difícil a reabilitação dos membros lesados.

Parziale e Daniels (1989) instrumentaram muletas axilares, com extensômetros, visando comparar muletas convencionais com um tipo no qual se utilizaram molas para reduzir o impacto das forças nas extremidades superiores de pacientes.

Crosbie e Nicol (1990) trabalharam com 9 paraplégicos que foram instruídos a executar um tipo alternativo de marcha. Os autores coletaram dados referentes aos esforços axiais transmitidos através de muletas, deslocamentos de articulações dos membros superiores e momentos em torno dos cotovelos e ombros, durante o período de contato do dispositivo de auxílio à marcha com o solo. Encontraram valores comparativamente altos para os momentos em torno das articulações dos membros superiores. Noreau *et al.* (1995) realizaram estudos com a finalidade de determinar se o déficit de funções motoras afeta o deslocamento dos membros inferiores e aumenta o esforço físico na musculatura superior do corpo de paraplégicos, em uma marcha com muletas. Uma das conclusões tiradas é relativa à existência de grandes momentos nos ombros de paraplégicos, principalmente durante a fase de suporte.

A instrumentação de dispositivos auxiliares de suporte para a locomoção possibilita descrever o comportamento dos esforços exercidos nos mesmos. Para que não sejam cometidos

erros nas medições, os componentes de forças, nas três direções ortogonais, devem ser isolados de tal forma que um componente não interfira no outro (Jin e Kobetic, 1997).

O monitoramento dos esforços exercidos pelos membros inferiores é necessário nos estudos relacionados à distribuição de forças na região plantar dos pés. Serve também para propiciar aos pacientes com lesões medulares ou aos diabéticos, a sensação de contato com o chão (Maalej and Webster, 1988; Zhu et al., 1991). A distribuição não uniforme e repetitiva de forças, na região dos pés, pode causar lesões nos pontos onde os esforços são excessivos (Zhu et al., 1991).

Cass (1981) instrumentaram uma palmilha de borracha, com extensômetros, com a intenção de medir forças de reação verticais. Ranu (1986) desenvolveu um sistema, com múltiplas células de carga fixadas na sola do sapato, com o objetivo de medir e analisar a distribuição de forças nos pés. Foram gravadas as forças de reação nos pés de um paciente com paralisia infantil e de um paciente com um membro inferior amputado abaixo do joelho.

Partindo da necessidade de quantificar as cargas aplicadas e a relação das forças entre membros superiores e inferiores durante a marcha, foram desenvolvidas e construídas instrumentações eletrônicas para dispositivos de auxílio - bengalas e muletas e um software para aquisição e tratamento do sinal (Cliquet et al, 2004).

Na haste inferior dos dispositivos de auxílio, foram colocados sensores strain-gauges para mensurar a força (figura 2.26). Os sinais de carga capturados podem ser enviados para o conversor analógico/digital, com taxa de aquisição de 50 Hz (15), armazenados na memória de um microcontrolador e posteriormente analisados pelo software desenvolvido. Outra opção é o uso da conexão por cabo ou telemetria, possibilitando a visualização dos dados em tempo real.

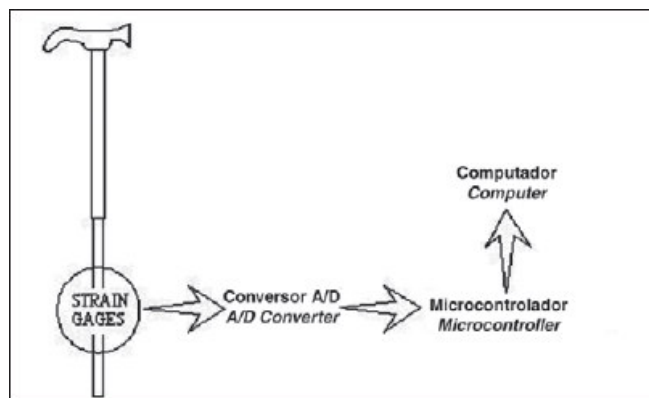


Figura 2. 26: Sistema desenvolvido para monitorar força axial.

Com o sistema desenvolvido é possível monitorar a força axial aplicada na bengala ou muleta versus tempo (impulso) durante os ciclos da marcha, permitindo a visualização dinâmica da marcha patológica.

Outras técnicas de reabilitação da marcha, além da EENM e órteses, são os Sistemas de Suspensão Corpórea com esteira ergométrica, que promovem padrões Rítmicos Locomotores.

2.6.3. Padrões Rítmicos locomotores e Plasticidade Neural em portadores de lesão medular

A ativação do CPG (Gerador de Padrão Central), após a lesão medular, através do treinamento de marcha, pode resultar em recuperação da função medular.

Fisiologicamente, os reflexos de Hoffmann, são reflexos evocados dos extensores da articulação do tornozelo, através de modulação sensorial (estímulo mecânico ou elétrico). A Estimulação Elétrica aferente das áreas que inervam o tornozelo e a região plantar desencadeiam o reflexo de flexão através das fibras aferentes Ia e Ib, com o aumento do estímulo é gerada a atividade ipsilateral do tornozelo, joelho e quadril, ativando as fibras aferentes II, evocando um reflexo de flexão (Barbeau et al., 1999).

Os órgãos Tendinosos de Golgi possuem função anti-gravitacional, representando o mecanismo de recepção de carga, responsável pelo controle do centro de massa do corpo durante a postura ereta e o andar (Kojima, Nakazawa 7 Yano, 1999).

Com estes estímulos há uma reorganização dos reflexos e ao aumento da excitabilidade de motoneurônios, seguido de feedback das fibras aferentes I do grupo extensor, favorecendo a extensão do membro inferior durante a locomoção (Barbeau et al. 1999).

Os circuitos espinhais apresentam flexibilidade, ou seja, avaliam perturbações do meio ambiente, como por exemplo, o aumento do ângulo ou velocidade da esteira ergométrica resultando em resposta apropriada durante a marcha (Guadagnoli, Etnyre & Rodrigue, 2000).

Capítulo 3

Revisão Teórica -Modelagem Cinemática do Sistema Articular Humano

3.1. Introdução

A robótica pode ser entendida, como sendo o estudo das relações entre os robôs e os objetos a serem manipulados. Essas relações são obtidas através da modelagem do robô ou manipulador. A modelagem cinemática analisa a geometria, a velocidade e a aceleração dos manipuladores e na modelagem dinâmica são analisados os efeitos inerciais.

A modelagem geométrica estuda o modelo geométrico direto e modelo geométrico inverso das estruturas. No modelo geométrico direto da estrutura obtêm-se as coordenadas operacionais, que definem a posição e a orientação do elemento terminal, em função da configuração do robô.

O estudo das propriedades anatômicas e fisiológicas do sistema articular humano é fundamental na avaliação, programação, projeto e controle de manipuladores robóticos antropomórficos, órteses robóticas antropomórficas de membros superiores e inferiores, como também auxiliar no planejamento e controle do procedimento de reabilitação de plegias em geral, supervisionando e controlando a estimulação mioelétrica artificial dos músculos da região atrofiada.

A elaboração de sistemas articulares artificiais inteligentes deve ser feita por analogia comparativa com o complexo antropomórfico natural considerando aspectos relacionados com a estrutura, transmissão, acionamento e controle dos acionadores neuromusculares naturais ou artificiais, a partir de estimulação mioelétrica a qual é comandada por um algoritmo de geração de trajetórias baseadas no modelo físico matemático do sistema articular humano o qual releva aspectos cinemáticos e dinâmicos (Rosário, 1990).

Na prática, verificou-se que várias características observadas em sistemas biológicos introduzem um alto grau de complexidade, devido ao modelo dinâmico do complexo ser multi-variável, apresentando alto grau de não linearidade e redundância e um forte grau de acoplamento entre suas articulações, dificultando a determinação de parâmetros.

Atualmente, a tendência do desenvolvimento de órteses ativas tem induzido a convergência do problema para a área da automação e robótica, tendo em vista a possibilidade do aumento da capacidade de realizar operações que exigem flexibilidade, rapidez e precisão.

Estas órteses são constituídas por elos que são conectados por juntas prismáticas ou revolutas. Cada par junta-link constitui um grau de liberdade. Assim, para um manipulador antropomórfico com N graus de liberdade, temos N pares juntas-links, onde o primeiro link é à base de sustentação da órtese (sistema de coordenadas inerciais fixado) e o seu último elo constituído de um elemento terminal (pé).

O posicionamento do elemento terminal e a determinação do volume de trabalho do sistema articular representado na figura 3.1 são especificados através do controle, de modo apropriado de suas coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas, conforme o caso. Conseqüentemente os valores do conjunto de coordenadas generalizadas q_i de uma órtese, determinam o posicionamento de seu elemento terminal no sistema de coordenadas de trabalho (figura 3.2). As juntas e links de uma órtese robótica antropomórfica são numeradas desde a base até seu elemento terminal.

As aplicações destas órteses exigem que elas trabalhem de acordo com a posição e orientação do seu elemento terminal em relação ao sistema de coordenadas de trabalho. Como a proposta deste trabalho é que a órtese antropomórfica seja controlada através de suas variáveis articulares, a realização do controle da órtese em relação ao sistema de coordenadas cartesianas implicará no desenvolvimento de metodologias para transformação de coordenadas.

A transformação de coordenadas articulares para cartesianas é normalmente realizada em tempo real, onde a partir do conjunto de variáveis articulares serão obtidas a posição e orientação do elemento terminal da órtese.

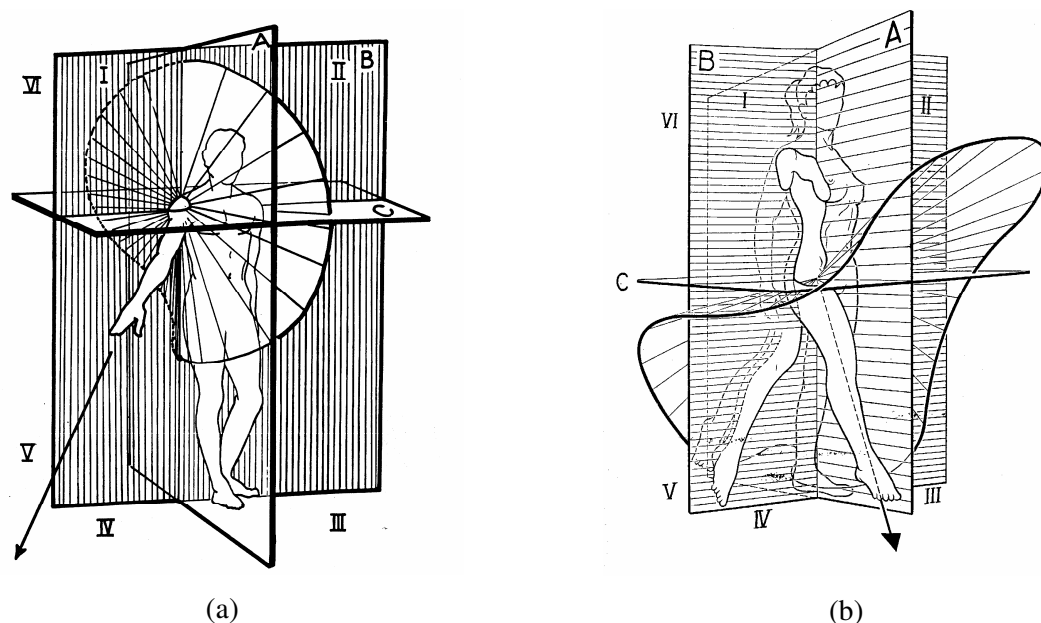


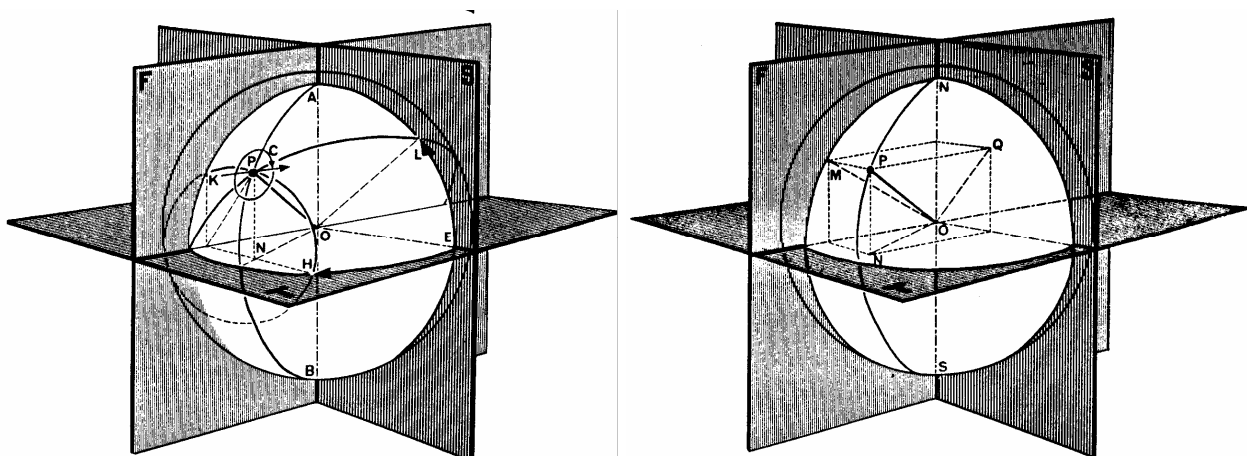
Figura 3. 1: Volume de trabalho dos membros superiores e inferiores do corpo humano.

(a) Volume de trabalho da cintura escapular;

(b) Volume de trabalho da cintura pélvica.

O Supervisor de Controle é responsável pela geração dos sinais de referência individuais ao longo do tempo para cada junta da órtese. Através de uma malha de controle de posição independente para cada junta, estes sinais são comparados com os valores atuais (obtidos através dos sensores de posição articular), que faz com que a configuração da órtese seja controlada a partir de um valor desejado, independente do movimento consignado e da carga transportada por ela.

Entretanto, os valores das variáveis articulares utilizados como sinal de referência na malha de controle de posição das juntas, quando comparados com os valores das juntas, podem gerar erros, que aumentam com a velocidade de operação. Conseqüentemente, a implementação de um controlador de posição para órteses antropomórficas robóticas de membros superiores e inferiores exige o conhecimento da precisão cinemática do movimento do manipulador baseado na biomecânica do sistema articular natural humano como também de sua dinâmica.



(a) Volume de trabalho em coordenadas angulares (b) Volume de trabalho em coordenadas cartesianas.

Figura 3. 2: Volume de trabalho da cintura escapular humana.

Ante o exposto, baseado em conceitos de robótica e em conceitos de Anatomia, Fisiologia Articular e Cinesiologia expostos nos capítulos anteriores, neste capítulo será descrito um modelo geométrico aproximado representativo do sistema articular das cinturas escapular e pélvica, detalhando para isso, antes de tudo, a metodologia utilizada para a modelagem.

O modelo cinemático desenvolvido expressa o movimento dos membros inferiores em termos de seus graus de liberdade, modelando a estrutura esquelética articular da região e pélvica, visando à tarefa da implementação de controle das articulações de uma órtese como também a determinação do espaço de trabalho de um protótipo elaborado, a partir da determinação de seus parâmetros.

É importante salientar que o modelo geométrico criado não é uma réplica do sistema natural humano, porém representa o movimento espacial das principais articulações do sistema esquelético.

3.2. Conceitos de Modelagem Matemática de Manipuladores Antropomórficos

3.2.1. Sistemas de Referência

Um Sistema Articular pode ser representado matematicamente através de n corpos móveis C_i ($i = 1, 2, \dots, n$) e de um corpo C_0 fixo, interligados por n articulações, formando uma estrutura em cadeia, sendo que estas juntas podem ser rotacionais ou prismáticas.

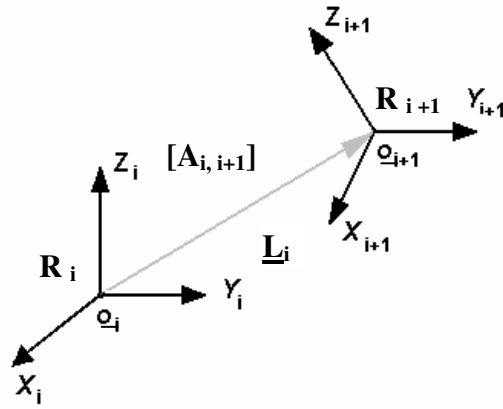


Figura 3. 3: Sistema de Referência utilizado.

Para representar a situação relativa dos vários corpos rígidos da cadeia, é fixado a cada elemento C_i um referencial R . Podemos relacionar um determinado referencial R_{i+1} com o seu anterior R_i , como também o sistema de coordenadas de origem da base (Figura 3.3) através da equação (3.1), onde $A_{i, i+1}$ representa as matrizes de transformação homogêneas de rotação, dando as orientações locais e \underline{L}_i o vetor de translação de uma origem a outra. Em outras palavras, a descrição cinemática completa da cadeia articulada pode ser obtida a partir do produto matricial entre as diversas matrizes de transformações homogêneas. Usando a matriz $A_{i, i+1}$, podemos relacionar um ponto \underline{O}_i no link i , e expressá-lo em coordenadas homogêneas, em relação aos sistemas de coordenadas i para $i-1$, \underline{O}_{i-1} estabelecido no link $i-1$ através da relação:

$$\underline{O}_{i+1} = \underline{O}_i + A_{i, i+1} * \underline{L}_i \quad (3.1)$$

onde

$$\underline{O}_{i+1} = (x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})^T \quad (3.2)$$

$$\underline{O}_i = (x_i, y_i, z_i)^T \quad (3.3)$$

$$A_{i,i+1} = \begin{bmatrix} Nx_{i+1} & Sx_{i+1} & Ax_{i+1} \\ Ny_{i+1} & Sy_{i+1} & Sy_{i+1} \\ Nz_{i+1} & Sz_{i+1} & Sz_{i+1} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Para uma órtese robótica antropomórfica tanto de um membro superior quanto de um membro inferior com $i + 1$ graus de liberdade, a transformação de coordenadas do referencial

situado na base da órtese ao referencial situado no seu elemento terminal (pé) é descrita pela matriz de transformação homogênea:

$$T_{i, i+1} = A_{1, 2} \cdot A_{2, 3} \cdot \dots \cdot A_{i, i+1} \quad (3.5).$$

Qualquer rotação no espaço pode ser decomposta em um grupo de rotações elementares ao longo dos eixos X, Y e Z. Cada matriz de rotação elementar usada na equação de transformação (3.2) é associada com a rotação elementar do referencial correspondente em relação ao seu anterior.

Este procedimento matemático pode ser estendido para toda a extensão da cadeia serial. Assim sendo, a matriz de orientação de um ponto de interesse pode ser obtida pela equação (3.3).

Conseqüentemente o posicionamento completo de um corpo rígido no espaço, poderá ser facilmente obtido através da equação (3.1) que fornece o seu vetor posição, sendo que a equação (3.4) representa a matriz de orientação que também pode ser apresentada através dos Ângulos de Euler ou dos ângulos RPY (Roll, Pitch, Yaw) às três direções de rotação, associadas aos correspondentes eixos de coordenadas do sistema inercial considerado.

3.2.2. Transformação de coordenadas

Uma órtese robótica antropomórfica pode ser controlada e programada a partir do sistema de coordenadas associadas ao seu elemento terminal (pé). É muito mais natural expressarmos o deslocamento absoluto do elemento terminal da órtese, que considerarmos a variação de suas coordenadas articulares, embora a malha de controle de uma junta robótica é estabelecida a partir da comparação de grandezas articulares, tornando-se necessário à realização de uma transformação geométrica apropriada para o estabelecimento da correspondência entre as coordenadas generalizadas q_i e as coordenadas do elemento terminal \underline{X}_i definidas através de uma posição e de uma orientação. A figura 3.4 apresenta um esquema descrevendo o problema de transformação direta de coordenadas para um sistema articular robótico com N graus de liberdade (Rosário, 1990).



Figura 3. 4: Transformação direta de coordenadas.

A operação que realiza a correspondência entre esses dois espaços é chamada de transformação de coordenadas. A transposição direta de coordenadas apresenta uma solução única, o mesmo não acontecendo com o problema inverso, onde sistemas protéticos robóticos com múltiplos graus de liberdade podem conduzir a soluções redundantes.

3.2.3. Modelo Geométrico

O modelo geométrico direto de uma órtese antropomórfica expressa a posição e orientação de seu elemento terminal em relação a um sistema de coordenadas solidário à base da órtese, em função de suas coordenadas generalizadas (coordenadas angulares no caso de juntas rotacionais).

O modelo geométrico é representado pela expressão:

$$\underline{X} = f(\underline{q}) \quad (3.6)$$

onde:

- $\underline{q} = [q_1, q_2, \dots, q_n]^T$: vetor das coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas das juntas
- $\underline{X} = [X, Y, Z, \psi, \theta, \phi]^T$: vetor, onde os três primeiros termos denotam a posição cartesiana e os três últimos a orientação do elemento terminal.

Para uma órtese de membro inferior, esta relação pode ser expressa matematicamente pela matriz que relaciona o sistema de coordenadas solidário a base da cintura escapular com o sistema de coordenadas associado à mão. Esta matriz é chamada de matriz de passagem homogênea e é obtida a partir do produto das matrizes de transformação, $A_{N-1, N}$ que relaciona o sistema de coordenadas de um elemento N com o sistema de coordenadas anterior.

$$T_N = A_{0,1} \cdot A_{1,2} \cdot \dots \cdot A_{N-1,N} \quad (3.7)$$

$$T_N = [\underline{n} \ \underline{s} \ \underline{a} \ \underline{p}] \quad (3.8)$$

onde

- $\underline{n} = [n_x \ n_y \ n_z]^T$ é o vetor normal da mão e tem direção ortogonal aos vetores \underline{o} e \underline{a} ;
- $\underline{s} = [s_x \ s_y \ s_z]^T$ é o vetor de deslizamento e aponta na direção dos movimentos de abertura e fechamento dos dedos da mão;
- $\underline{a} = [a_x \ a_y \ a_z]^T$ é o vetor de aproximação e aponta na direção normal à palma da mão;
- $\underline{p} = [p_x \ , \ p_y \ , \ p_z]^T$ é o vetor posição e aponta da origem do sistema de coordenadas da base até a origem do sistema de coordenadas da mão.

A descrição da matriz de transformação é normalmente realizada utilizando-se a notação de Denavit-Hartenberg que é uma ferramenta utilizada para sistematizar a descrição cinemática de sistemas mecânicos articulados com N graus de liberdade, com um único grau de liberdade por articulação, após a obtenção dos quatro parâmetros θ_i , a_i , d_i e α_i (Rosário. 1990). A metodologia completa de implementação desta técnica é descrita no Anexo II.

3.2.4.Cálculo da matriz de orientação da ferramenta terminal a partir dos ângulos RPY

Até a presente seção foi visto que:

- É possível relacionar dois sistemas de referenciais, através de uma matriz de transformação homogênea.
- Para um manipulador de n graus de liberdade, aloca-se um sistema de coordenadas em cada junta e calcula-se a matriz de transformação homogênea que relaciona o último sistema de referencia com a base.
- No efetuador é alocado um sistema de referência (o último da cadeia cinemática), tal que possa relacioná-lo com a base, através de uma matriz de transformação homogênea.

A união destes três itens permite resumir o problema cinemático de qualquer robô em termos simples. Quando se trabalha com um sistema manipulador, para o operador, o que

interessa é a posição e a orientação corretas do efetuador no espaço de trabalho. Acontece que a posição e a orientação do efetuador se referem ao sistema de coordenadas alocado na base do robô, em outras palavras, definir os referenciais \underline{n} , \underline{s} , \underline{a} e $\underline{p} \equiv X_n, Y_n, Z_n$.

Existem duas formas de representar a orientação do elemento terminal. Uma usa o conceito dos ângulos de Euler e a outra usa o conceito dos ângulos RPY (roll, pitch e yaw). Neste trabalho, para efetuar o cálculo da orientação do efetuador foi aplicado o conceito dos ângulos RPY.

Estes três ângulos são referentes aos três graus de liberdade possíveis, associados ao movimento do punho. São respectivamente, os ângulos de rotação do punho ao redor dos eixos X, Y, Z da conexão da ferramenta terminal do punho na seguinte ordem.

$$\text{RPY}(\phi, \theta, \psi) = \text{ROT}(\phi, z) \cdot \text{ROT}(\theta, y) \cdot \text{ROT}(\psi, x) \quad (3.9)$$

Obtendo-se a matriz correspondente a essa transformação de coordenadas (equação 3.10).

$$\text{RPY}(\phi, \theta, \psi) = \begin{bmatrix} c\phi.c\theta & c\phi.s\theta.s\psi - s\phi.c\psi & c\phi.s\theta.c\psi + s\phi.s\psi \\ s\phi.c\theta & s\phi.s\theta.s\psi + c\phi.c\psi & s\phi.s\theta.c\psi - c\phi.s\psi \\ -s\theta & c\theta.s\psi & c\theta.c\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x \\ n_y & s_y & a_y \\ n_z & s_z & a_z \end{bmatrix} \quad (6.10)$$

3.2.5. Cálculo dos três ângulos RPY a partir da matriz de orientação

Como verificado anteriormente, o modelo cinemático direto fornece o vetor posição e a matriz orientação da ferramenta efetora expressa em relação ao sistema de coordenadas da base.

É possível também, efetuar-se operação inversa, ou seja, a partir da matriz de orientação final obter-se os três ângulos RPY, comparando-se o segundo e o terceiro membro da equação (6.10), obtendo-se as expressões:

$$\psi = \text{ATAN2} \left[\frac{a_x}{-a_y} \right]$$

$$\theta = ATAN2 \left[\frac{s\psi \cdot a_x - c\psi \cdot a_y}{a_z} \right] \quad (3.11)$$

$$\psi = ATAN2 \left[\frac{-c\psi \cdot a_x - s\psi \cdot s_y}{c\psi \cdot n_x + s\psi \cdot n_y} \right]$$

É importante observar que esta relação deve ser sempre biunívoca.

Para que seja possível o cálculo desses valores, é necessário definirmos a função ATAN2, que tem por finalidade garantir a unicidade de solução. ATAN2 (x, y) calcula $\tan^{-1} (y/x)$, mas usa tanto o sinal de x como o sinal de y para determinar o quadrante no qual o ângulo resultante está, ou seja:

$$\theta = ATAN2 \left[\frac{y}{x} \right] \begin{cases} 0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ & , \text{ com } +x, +y \\ 90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ & , \text{ com } -x, +y \\ -180^\circ \leq \theta \leq -90^\circ & , \text{ com } -x, -y \\ -90^\circ \leq \theta \leq 0^\circ & , \text{ com } +x, -y \end{cases} \quad (3.12)$$

3.2.6.O Modelo Geométrico do Sistema Articular Humano

O modelo gerado a seguir descrito descreve a estrutura articular dos membros inferiores do corpo humano, sendo, portanto feita a descrição do modelo setorialmente.

Na modelagem a coluna vertebral é considerada rígida, uma vez que o objetivo maior do modelo é descrever a operação das pernas relevando a ação de suas ferramentas terminais, como a preensão da mão e a absorção do relevo do solo na caminhada, pela planta pé e o algoritmo da caminhada e da corrida.

Nas figuras 3.5, 3.6, são mostradas a estrutura cinemática do Sistema Articular correspondente a Cintura Pélvica. No modelo proposto neste trabalho são definidas, após a descrição do modelo geométrico, as respectivas variáveis segundo a metodologia descrita anteriormente.

3.2.7.Setor da Cintura Pélvica

O Setor do modelo relacionado à Cintura Pélvica, apesar de apresentar algumas semelhanças com relação à cintura escapular, não apresenta a mesma mobilidade que esta última e, conseqüentemente, toda a série de movimentos da estrutura do membro superior não encontra equivalentes no membro inferior (Silva & Tenreiro, 2000).

O modelo simplificado gerado para a cintura pélvica, mostrado nas figuras 3.5 e 3.6, é constituído por sete links rígidos que representam sucessivamente a Pélvis, o fêmur, o conjunto tíbia e fíbula, e o pé com seus 22 segmentos constituintes, totalizando no modelo 29 links. A origem do sistema de coordenadas de referência é posicionado na junção da coluna vertebral com o osso do fêmur.

Os movimentos da pelve são conseqüentes dos movimentos da coluna vertebral os quais ocorrem na articulação lombossacra. No modelo gerado foram considerados os movimentos de Rotação ou inclinação para frente, Rotação ou inclinação para trás, Inclinação lateral e Rotação.

Quanto aos movimentos da articulação do quadril, foram considerados no modelo a flexão, a extensão, a abdução, a adução, a circundação e a rotação.

Devido à complexidade da articulação do joelho, foram considerados os movimentos fundamentais da flexão e extensão, sendo desconsiderados a fixação normal do joelho e a rotação.

No pé foram considerados todos os movimentos da articulação do tornozelo, das articulações intertársicas, das articulações tarsometársicas e das articulações metatarsfalângicas. Neste setor foram considerados basicamente os movimentos de flexão-extensão, desconsiderando-se os movimentos de adução e abdução devido a estes terem uma extensão muito pequena.

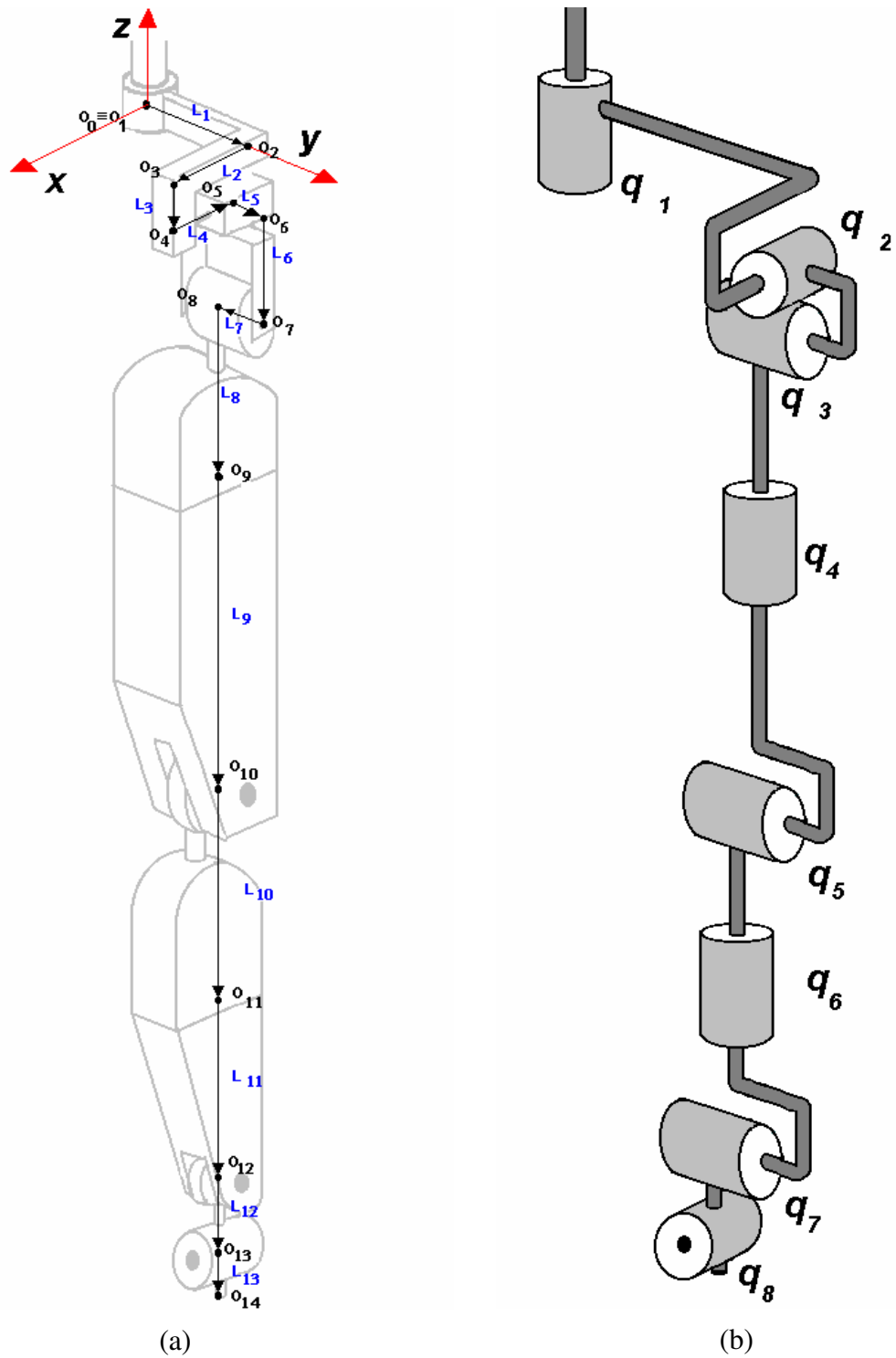


Figura 3. 5: Estrutura cinemática do sistema articular do membro inferior humano.

(a)-Sistema de referenciais locais o_i e respectivos vetores de translação L_i ;

(b)-Esquema representativo das articulações q_i .

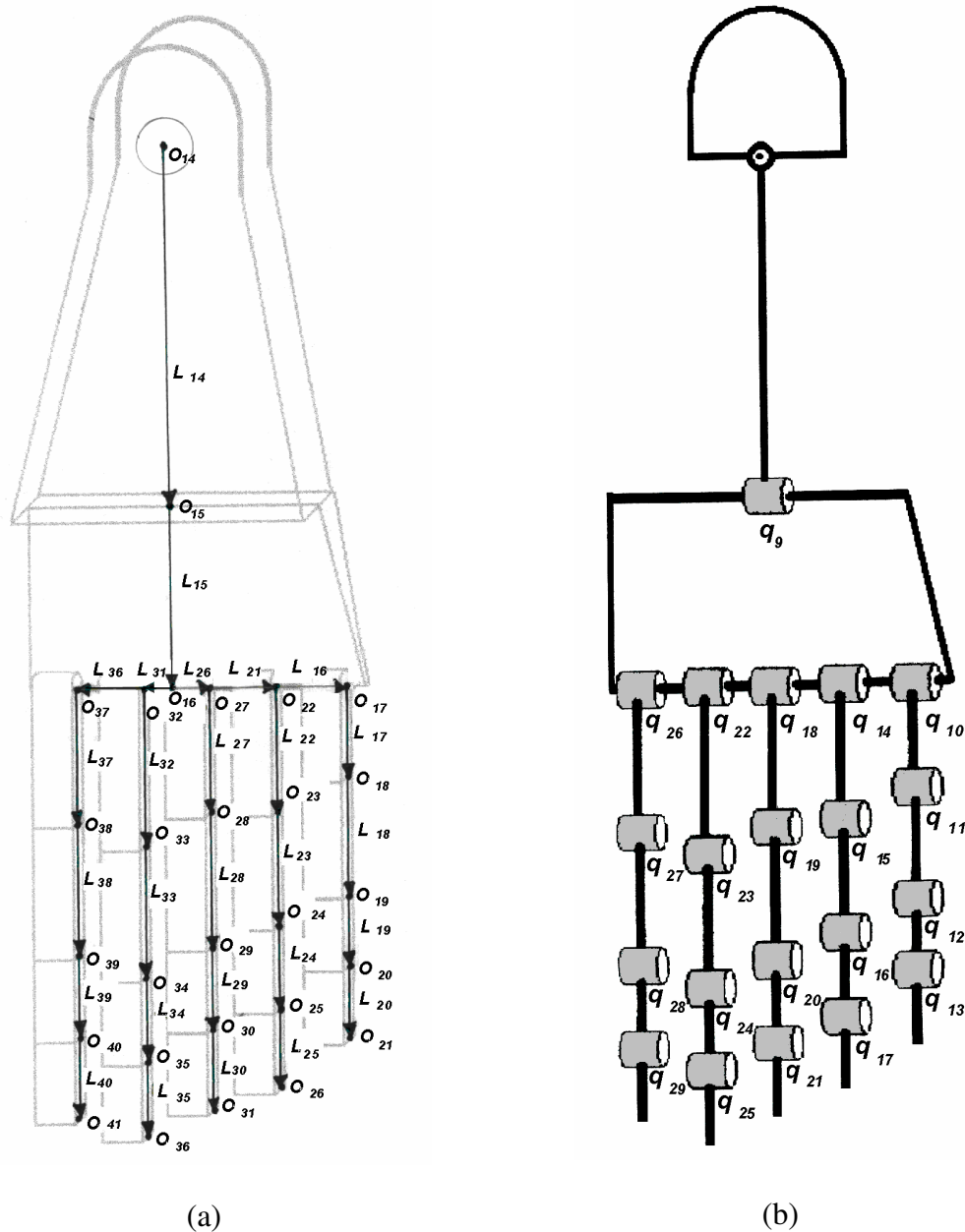


Figura 3. 6: Estrutura Cinemática do sistema articular do membro inferior humano - pé.

(a)- Sistema de referenciais locais O_i e respectivos vetores de translação L_i ;

(b)- Esquema representativo das articulações q_i .

No Anexo I, são descritos os parâmetros do setor do modelo geométrico relacionado à cintura pélvica, os quais foram usados na implementação de um programa computacional que calcula o deslocamento cartesiano a partir da entrada das coordenadas angulares para cada junta. Entre esses parâmetros são especificados os vetores de translação L_i as matrizes de

transformação homogênea de rotação A_i , as equações de relação geométrica espacial entre os pontos importantes e os limites de deslocamento angular para cada junta rotacional.

3.2.8.Descrição cinemática de uma órtese antropomórfica

Obtenção da Matriz de Transformação Homogênea $A_{i-1,i}$

Uma vez os sistemas de coordenadas Denavit-Hartenberg tenham sido estabelecidos, uma matriz de transformação homogênea pode facilmente ser desenvolvida relacionando o i -ésimo ao $(i-1)$ -ésimo frame de coordenadas. Um ponto r_i expresso no i -ésimo sistema de coordenadas pode ser expresso no $(i-1)$ -ésimo sistema de coordenadas como r_{i-1} aplicando as transformações sucessivamente apresentadas a seguir:

- Rotação no eixo Z_{i-1} de um ângulo de θ_i para alinhar o eixo X_{i-1} com o eixo X_i (o eixo X_{i-1} é paralelo ao eixo X_i e aponta para a mesma direção).
- Translação uma distância de d_i ao longo do eixo Z_{i-1} para trazer os eixos X_{i-1} e X_i na coincidência.
- Translação ao longo do eixo X_i uma distância de a_i para trazer as duas origens também como o eixo X na coincidência.

Rotação do eixo X_i um ângulo de α_i para trazer os dois sistemas de coordenadas na coincidência.

Cada uma destas quatro operações pode ser expressa através de uma matriz homogênea de rotação-translação, e o produto destas quatro matrizes de transformações elementares produz uma matriz de transformação homogênea composta $A_{i-1,i}$, conhecida como matriz de transformação de Denavit -Hartenberg, para sistemas de coordenadas adjacentes, i e $i-1$.

Segundo Paul, (Paul, 1981), as matrizes de transformação homogênea para juntas rotacionais e para juntas prismáticas são dadas respectivamente por:

$$A_{i-1,i} = T_{z,d} T_{z,\theta} T_{x,a} T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

para o caso de uma junta rotacional, sendo que a transformação inversa é dada por:

$$[A_{i-1,i}]^{-1} = A_{i,i-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i & 0 & -a_i \\ -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & \sin \alpha_i & -d_i \sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i \sin \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & \cos \alpha_i & -d_i \cos \alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

onde a_i , α_i , d_i são constantes, e θ_i é a variável de junta para uma junta rotativa.

Para uma junta prismática a variável de junta é d_i , enquanto a_i , α_i , θ_i são constantes. Neste caso, $A_{i-1,i}$ será definido como:

$$A_{i-1,i} = T_{z,\theta} T_{z,d} T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \sin \alpha_i \sin \theta_i & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

e sua inversa será:

$$[A_{i-1,i}]^{-1} = A_{i,i-1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & \sin \theta_i & 0 & 0 \\ -\cos \alpha_i \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cos \theta_i & \sin \alpha_i & -d_i \sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i \sin \theta_i & -\sin \alpha_i \cos \theta_i & \cos \alpha_i & -d_i \cos \alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

3.2.9. Descrição Matemática de uma Órtese Robótica Antropomórfica com N GL

A transformação de coordenadas de uma órtese antropomórfica com n graus de liberdade revolutos pode ser formulada de forma que, a partir de uma configuração inicial da órtese, na qual a suas variáveis articulares \underline{p}_0 são conhecidas, a posição completa de seu elemento terminal (mão ou pé) \underline{X}_0 será conhecida a partir do modelo do sistema (Sá, 1996).

A mudança de coordenadas consistirá de um funcional que descreverá a correspondência existente entre a cadeia cinemática para um conjunto de variáveis articulares \underline{q} e sua posição \underline{X} correspondente.

$$\underline{X} - \underline{X}_0 = F(\underline{q} - \underline{q}_0) \quad (3.17)$$

onde

- $\underline{q}_{[n \times 1]} \Rightarrow$ Vetor que representa os graus de liberdade da junta antropomórfica, onde n representa o número de graus de liberdade da órtese.
- $\underline{X}_{[m \times 1]} \Rightarrow$ Vetor ($m \leq 6$) que representa a posição e a orientação do elemento terminal da órtese no espaço de trabalho em coordenadas cartesianas. No caso de uma representação completa de posição e orientação $m = 6$
- $F \Rightarrow$ É uma função não linear obtida da modelagem geométrica da órtese que descreve a posição e a orientação do elemento terminal da mesma.

No caso da transformação inversa de coordenadas, uma determinada posição \underline{X} do volume de trabalho da órtese será atingida pelo robô a partir de uma posição de repouso \underline{X}_0 (obtenção dos ângulos Roll, Pitch, Yaw a partir da matriz de orientação espacial). Esta equação não apresentará uma solução única, e a mesma poderá ser utilizada para o controle cinemático de mecanismos.

$$(\underline{q} - \underline{q}_0) = F^{-1}(\underline{X} - \underline{X}_0) \quad (3.18)$$

A transformação direta de coordenadas não apresenta dificuldades na sua resolução, o mesmo não acontecendo com a transformação inversa que é muito complexa, não apresentando uma solução única. Para eliminarmos as indeterminações que aparecem no problema inverso, utiliza-se geralmente a matriz jacobiana, onde a mesma poderá ser utilizada para o controle cinemático de mecanismos.

3.2.10. Matriz Jacobiana

Dada uma configuração inicial \underline{q}_0 e \underline{X}_0 de um robô, as coordenadas X do elemento terminal são descritas pela equação (3.19). Para pequenos deslocamentos $\delta \underline{X}$ associados aos deslocamentos das variáveis articulares $\delta \underline{q}$ podemos escrever:

$$\delta \underline{X}_{m \times 1} = J_{m \times n} \delta \underline{q}_{n \times 1} \quad (3.19)$$

A matriz Jacobiana $J(\theta)$ será definida como:

$$[J(\theta)_{i,j}] = [\partial F_i / \partial q_j] \quad (3.20)$$

onde:

- i é a i -ésima coordenada generalizada da junta antropomórfica e
- j é o j -ésimo grau de liberdade da junta antropomórfica.

que poderá ser construída a partir das relações cinemáticas que descrevem a arquitetura da órtese:

$$\begin{aligned} X_1 &= F_1(q_1, q_2 \dots q_n) \\ X_2 &= F_2(q_1, q_2 \dots q_n) \\ &\dots \dots \dots \\ X_m &= F_m(q_1, q_2 \dots q_n) \end{aligned} \quad (3.21)$$

Através de derivadas parciais, a matriz Jacobiana $J(q)$ é definida como:

$$J(\underline{q}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial q_1} & \frac{\partial F_1}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial q_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial q_1} & \frac{\partial F_2}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial q_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_m}{\partial q_1} & \frac{\partial F_m}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_m}{\partial q_n} \end{bmatrix} \quad (6.23)$$

Para uma órtese robótica de um membro superior ou inferior, as coordenadas de seu elemento terminal serão descritas através de um vetor posição \underline{X} (x, y, z) e sua orientação definida a partir de três ângulos (ψ , θ , ϕ).

Inversão da Matriz Jacobiana – Controle de Posição de uma órtese

Levando-se em consideração que o sistema de decisão humana normalmente executa o controle de articulações em relação ao espaço de tarefas, o controle de uma órtese antropomórfica no espaço de juntas necessita de uma transformação inversa de coordenadas (F^{-1}). Esta transformação poderá ser realizada a partir da inversão da matriz Jacobiana:

$$\delta \underline{q}_{n \times 1} = J^\#(q)_{m \times n} \delta \underline{X}_{m \times 1} \quad (3.23)$$

onde $J^\#(q)$ representa a pseudoinversa da matriz Jacobiana, que deve atender as propriedades definidas na secção 3.8, apresentada a seguir desta atual, para que possa existir.

Matematicamente, a relação 3.23 indica a variação do incremento $\delta \underline{q}$ das variáveis articulares para um dado deslocamento $\delta \underline{X}$ do elemento terminal da órtese. Como a posição atual de cada articulação $q_{i \text{ atual}}$ é perfeitamente conhecida (através do sistema sensorial humano), a partir da utilização da equação (3.23) de modo iterativo e recalculando $J(q)$ a cada passo de iteração, uma trajetória $\underline{X}(t)$ poderá ser realizada num determinado tempo, em função da variação dos ângulos das juntas $q_{i \text{ atual}} + \delta q_i$.

A partir da comparação da posição atual do robô \underline{X} (valor calculado a partir da posição atual $\underline{X}_{\text{atual}}$ obtidas das informações de posições dos sensores de juntas ou da sinapse neural) e sua posição de referência \underline{X}_d , um sinal de erro é amplificado e transformado em termos de coordenadas articulares $\delta \underline{q}$ a partir do cálculo de $\mathbf{J}^\#(\underline{q})$. O sinal de erro é integrado e depois utilizado como sinal de entrada para controle das variáveis articulares da órtese.

Finalmente, a obtenção da matriz Jacobiana, utilizada no método recursivo para o cálculo do modelo cinemático inverso, é uma forma multidimensional da derivada e relaciona a velocidade no espaço de juntas à velocidade no espaço cartesiano. A sua solução deverá ser encontrada em tempo real através da utilização de algoritmos numéricos, onde será aproximada por $\Delta \underline{x} = \mathbf{J} \cdot \Delta \underline{q}$. A figura 3.7 mostra a malha de controle de posição dos elementos da órtese.

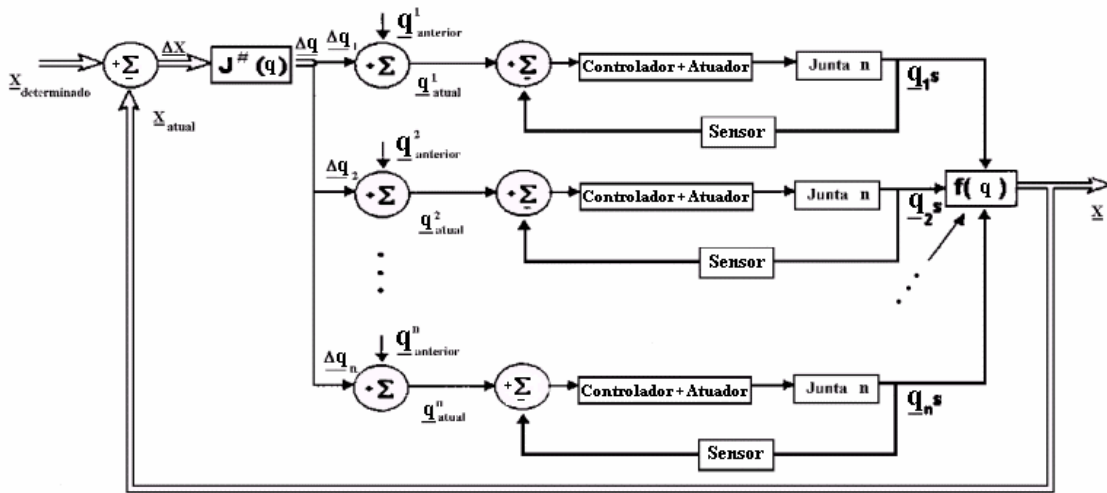


Figura 3. 7: Malha de controle de posição.

3.2.11.Comentários finais do capítulo.

Neste capítulo inicialmente foi feita uma revisão dos conceitos de modelagem matemática de manipuladores antropomórficos, cuja metodológica foi aplicada na elaboração da modelagem geométrica e cinemática do sistema articular dos membros inferiores do corpo humano, visando o estabelecimento de leis para a implementação do controle cinemático de órteses de membros inferiores.

A partir deste modelo geométrico gerado foi desenvolvido o tratamento cinemático direto que foi implementado em algoritmos computacionais, descritos no capítulo que se segue, visando simulação e controle cinemático direto de servo-sistemas antropomórficos.

Capítulo 4

Procedimento Experimental

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento de técnicas que foram abordadas para a aplicação de Órteses Ativas de Membros Inferiores. Neste intento, são elaborados procedimentos para o estabelecimento de avaliação de pacientes, aplicação de conceitos de robótica visando à utilização da modelagem cinemática direta para o estabelecimento de espaços de trabalho bem como a concepção do controle cinemático direto da órtese.

4.1. Sistema para Avaliação de Pacientes

A avaliação inicial de pacientes é de fundamental importância para que se procedam posteriormente a confecção e a aplicação das órteses. Portanto, para verificar a amplitude da marcha e o tempo necessário para a execução do movimento, foi elaborado um sistema composto por uma estrutura articular dotada de eletrogoniômetros nas articulações do quadril, joelho e tornozelo e um aparato para aquisição e tratamento dos sinais elétricos colhidos dos potenciômetros em instrumentação virtual dedicada.

4.1.1. Eletrogoniômetro

A aquisição da informação cinemática do deslocamento em função do tempo no aparato experimental a ser descrito nas sessões posteriores foi transduzida através de eletrogoniômetros (potenciômetros) dispostos nas articulações de uma estrutura constituída de quatro hastes de alumínio como mostra a figura 4.1. A alteração dos sinais elétricos devido à variação da resistência elétrica dos potenciômetros em função dos deslocamentos angulares das articulações alimenta as entradas analógicas da placa de interface analógica/digital de um PC dedicado a rodar uma VI (instrumentação virtual).

O eletrogoniômetro gerado é acoplado ao membro inferior do paciente através de faixas e velcros, como pode ser visto na figura 4.2. O sistema tem condições de detectar o tempo e a amplitude de movimento que o indivíduo faz durante os ciclos da marcha, e assim mostrar as amplitudes máximas e mínimas das articulações do quadril, joelho e tornozelo; podendo descrever a variação angular durante as fases da marcha.

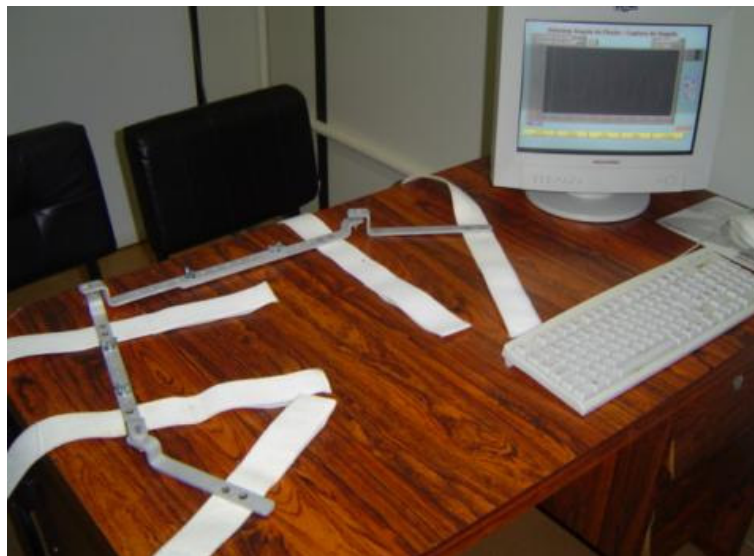


Figura 4. 1: Eletrogoniômetro conectado ao software Labview (interface).



Figura 4. 2: Detalhe da disposição do eletrogoniômetro no membro a ser avaliado em um processo de marcha.

4.1.2. Sistema Computacional para aquisição de Sinais

O Software dedicado à aquisição de sinais, gravação e posterior geração de gráficos do deslocamento angular em função do tempo foi desenvolvido em ambiente LabVIEW®. Esta linguagem de programação gráfica utiliza ícones de linhas de texto para criar aplicações. Em contraste com a linguagem de programação baseada em texto para criar aplicações, onde instruções determinam a execução do programa, o LabVIEW® utiliza a programação por “fluxo de dados”, onde o dado determina a execução. O Ambiente de desenvolvimento apresenta basicamente três componentes, sendo eles uma tela inicial, que serve como uma interface do usuário, um diagrama de bloco, que contém os códigos gráficos e ícones, que identifica o instrumento virtual utilizado.

O LabVIEW® (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) utiliza uma linguagem de programação chamada G. Essa linguagem possui diretivas, como PASCAL e C, porém ao invés de utilizar comandos na forma de texto para gerar as linhas de código, usa uma linguagem de programação gráfica, ou seja, o programa é feito na forma de diagrama de blocos.

Por utilizar uma estrutura de programação orientada pelo fluxo de dados e hierárquica, o LabVIEW® torna simples a implementação de sistemas complexos que englobam aquisição e manipulação de dados, ou ainda o controle de equipamentos através do computador. Além disso, inclui diversas bibliotecas compostas por componentes, contendo funções para aplicações específicas (algoritmos de análise estatística, processamento e geração de sinais, etc.). (LabView®, 1996). Maiores informações quanto a esse ambiente de desenvolvimento utilizado neste trabalho de pesquisa podem ser encontrados no AnexoIII.

4.1.3. Descrição do funcionamento da Interface computacional

Ao clicar-se o botão LIMITES DO PACIENTE (figura 4.3), abre-se uma nova janela vista na figura 4.4, onde é efetuada a calibração do sistema a partir da gravação dos ângulos mínimos e máximos. O processo da gravação se inicia clicando-se o botão CALIBRAR ÂNGULO MÍNIMO, em seguida move-se a articulação considerada até o limite angular mínimo do paciente, salvando a posição clicando-se no botão SALVAR SETUP (figura 4.4). Mesmo procedimento é aplicado para calibrar o ângulo máximo da mesma articulação. Salvos os limites

angulares, retorna-se a tela principal clicando-se no botão retornar (figura 4.4), Para efetuar a varredura angular da articulação clica-se o botão CAPTURA DO ÂNGULO, mostrada na figura 4.3, iniciando-se o processo de gravação dos sinais elétricos advindos dos eletrogoniômetros.



Figura 4. 3: Tela principal.



Figura 4. 4: Tela de Calibração.

4.1.4. Aplicação do sistema de aquisição a marcha humana

A partir do dispositivo gerado, foram feitas as análises cinemáticas articulares dos membros inferiores durante a fase da marcha, salientando a flexão e extensão da pélvis, joelho e tornozelo, sendo que os resultados são mostrados nas figuras 4.5 a 4.10.



Figura 4. 5: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do quadril.

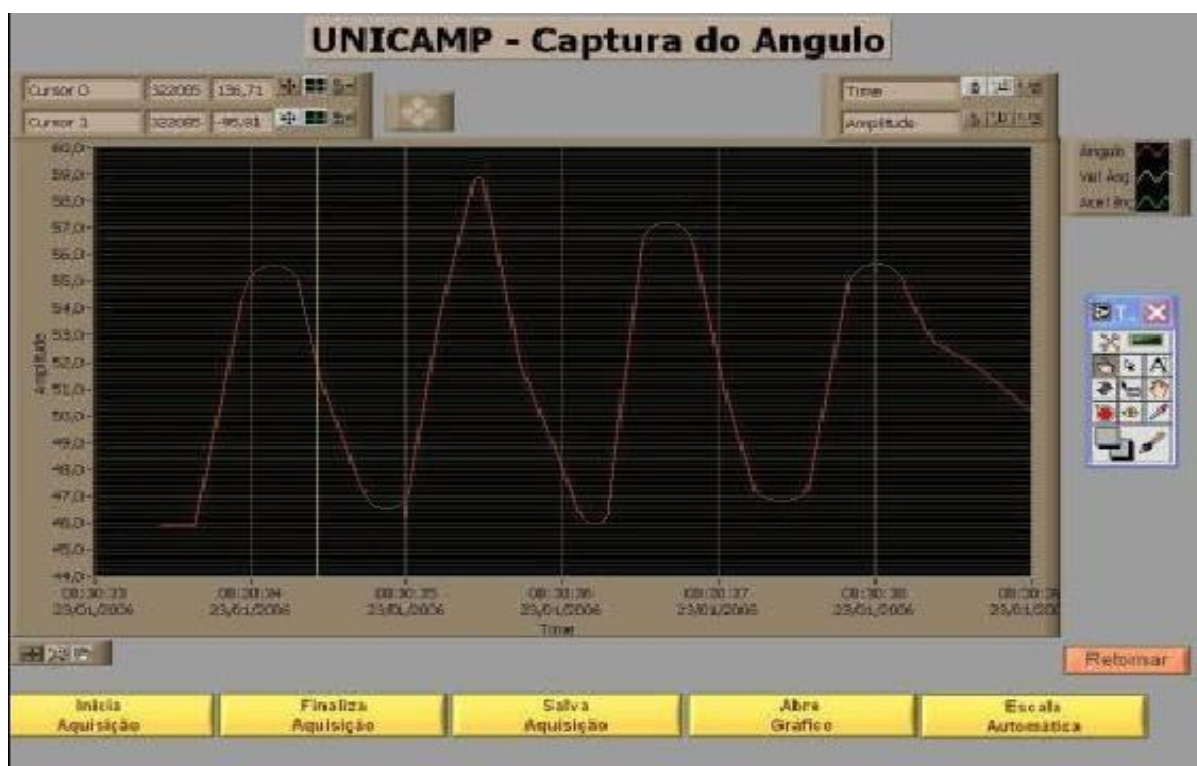


Figura 4. 6: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do quadril durante a marcha normal.

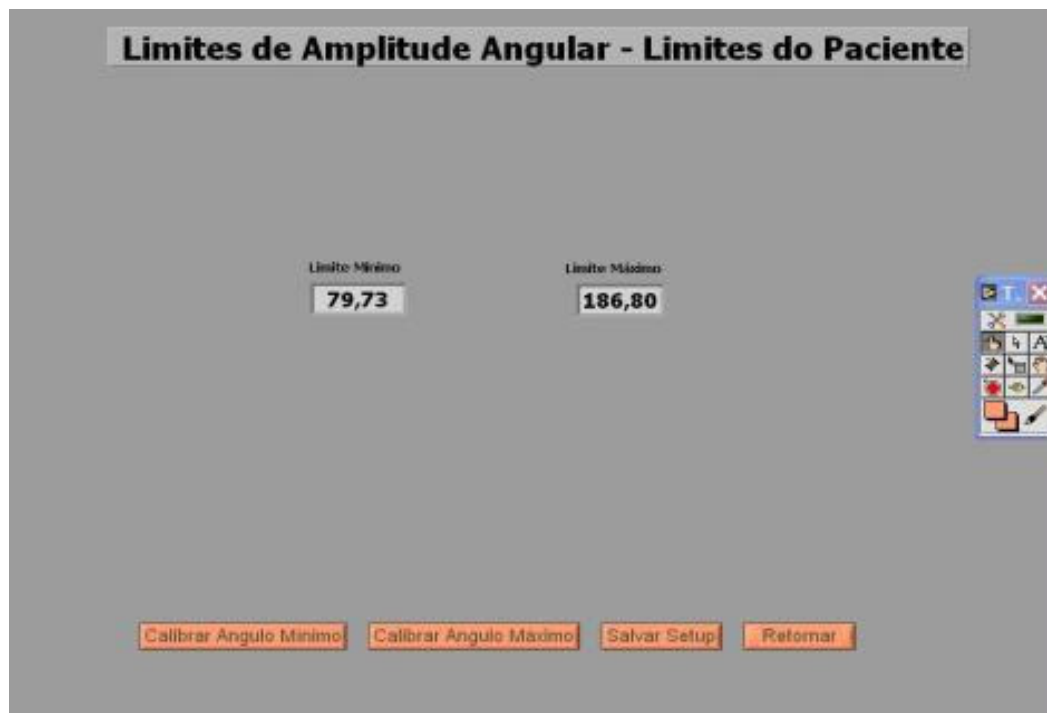


Figura 4. 7: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do joelho.

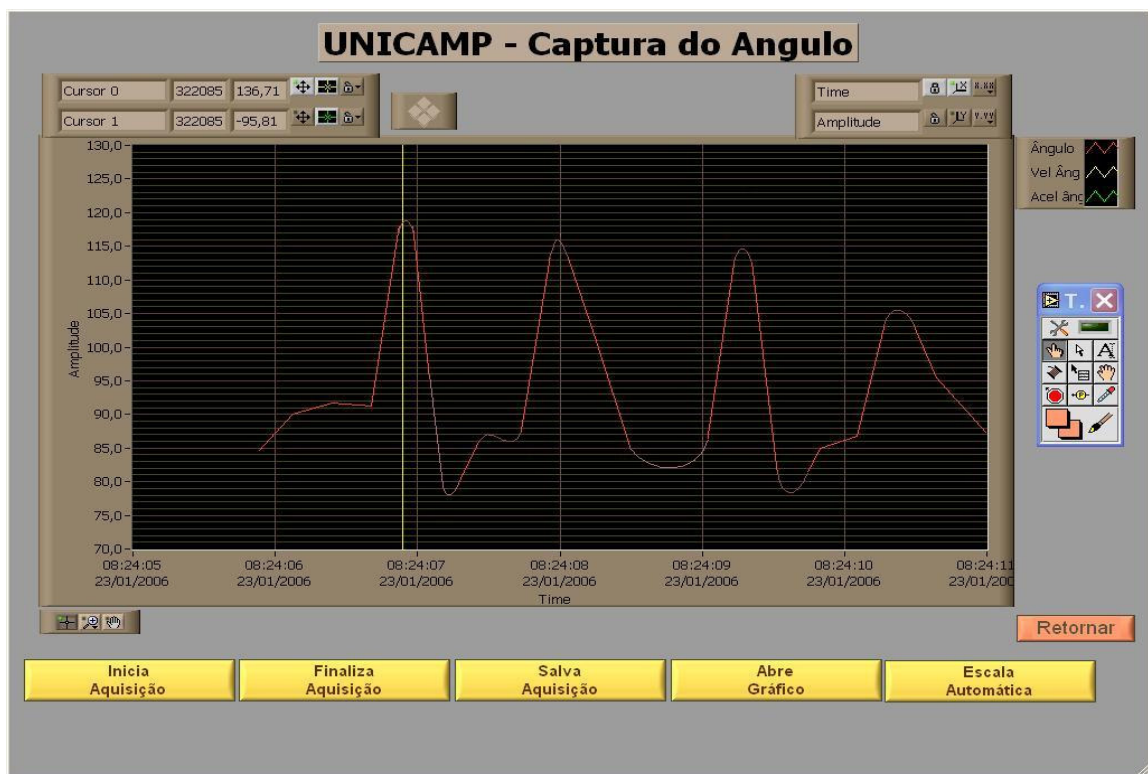


Figura 4. 8: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do joelho durante a marcha normal.

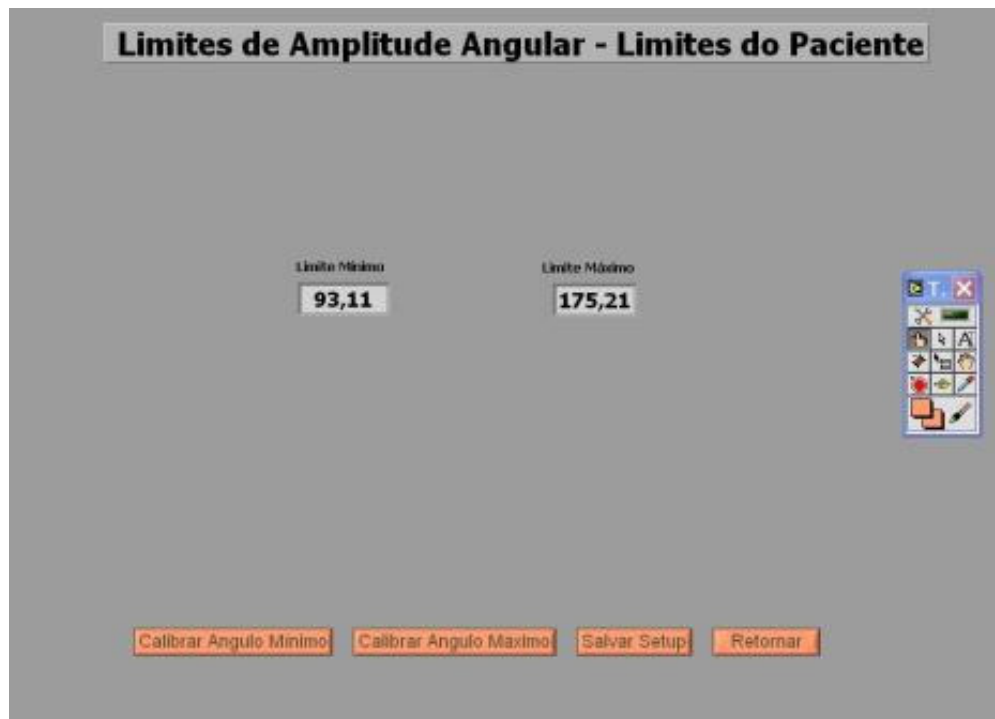


Figura 4. 9: Calibração dos limites articulares máximo e mínimo do tornozelo.

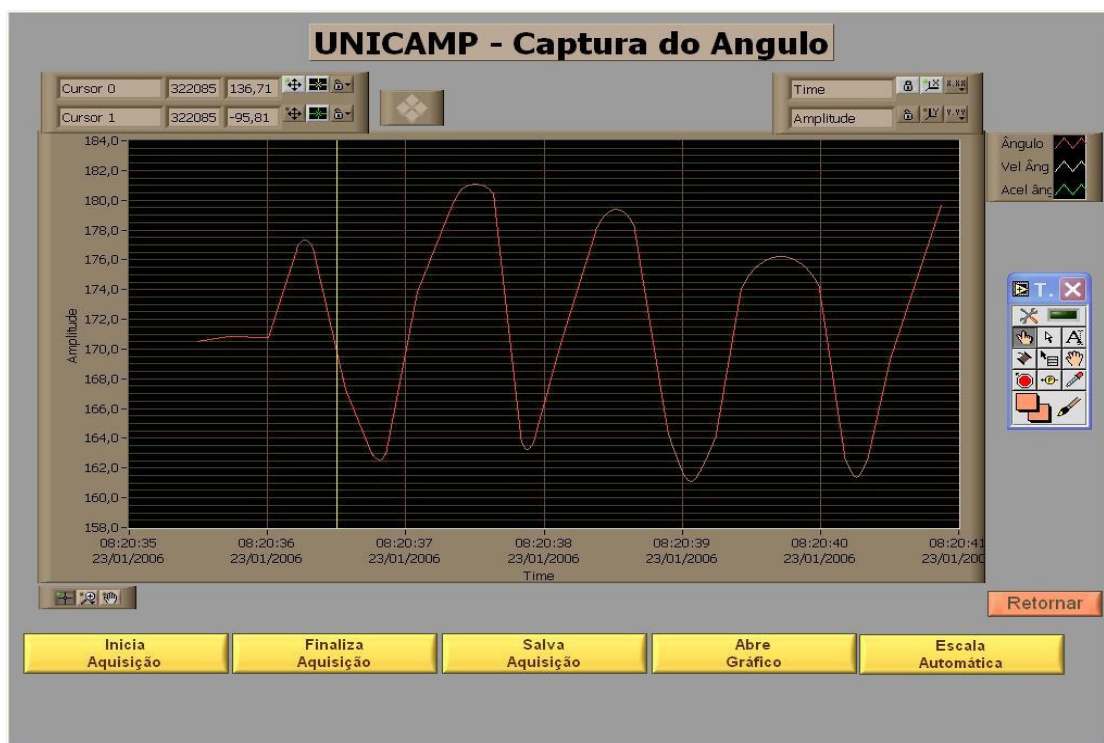


Figura 4. 10: Gráfico da variação de deslocamento angular da articulação do tornozelo durante a marcha normal.

Ante a análise dos resultados, pode-se verificar que o eletrogoniômetro poderá representar um avanço tecnológico nos atuais métodos de avaliação fisioterapêuticos, pois, a partir da utilização do equipamento, poderia ser renormatizado o protocolo de avaliação, através da análise de dados capturados com a utilização do eletrogoniômetro aliado a técnicas de instrumentação virtual aplicada, evitando possíveis lesões articulares, já que os limites serão respeitados de acordo com cada paciente e permitindo também, a comparação de resultados ou eficácia da terapia aplicada em cada paciente ante a geração de documentação em um banco de dados, que permite a verificação da evolução do tratamento ante a análise de sobreposição gráfica comparativa dos resultados gravados.

Outro fator que justifica a prática proposta está relacionada com o tempo de execução dos movimentos que é também de extrema importância, uma vez que não há dispositivos específicos para desempenhar tal medida assim como armazená-la.

4.2. Análise Cinemática de membros inferiores através de Software dedicado

Para o estabelecimento do controle ativo de atuadores dispostos em articulações de uma órtese antropomórfica, há a necessidade do estabelecimento do controle cinemático direto, além do controle dinâmico do servo-sistema. Esses sistemas de controle são baseados nos modelos cinemáticos e dinâmicos elaborados a partir de um modelo geométrico que represente a cadeia cinemática da estrutura articular.

Para controlar a seqüência dos deslocamentos angulares das juntas de pernas artificiais robóticas ativas na tarefa de uma caminhada, ou de subir uma escadaria, ou até mesmo de uma corrida ou salto, como também a tarefa de deslocar um braço e efetuar uma preensão de um determinado objeto, se faz necessária a elaboração e aplicação de um modelamento do servo-sistema a ser comandado através de um algoritmo computacional processado por um controlador dedicado.

Ante o exposto, é de fundamental importância a elaboração da simulação computacional dos movimentos executados pelas articulações do sistema natural, para que se possa desenvolver projetos de sistemas articulares artificiais, assim como elaborar leis de controle que reproduzam os comandos emitidos pelo sistema nervoso.

A tarefa de simulação computacional dos movimentos de um sistema articular antropomórfico apresenta um grande número de obstáculos no caso de ser implementada a partir de aplicativos disponíveis no mercado, devido a estes já preverem estruturas modulares e visualização pré-definidas, apresentando ainda a limitação dos graus de liberdade da cadeia cinemática, não possuindo modelo numérico.

Portanto, a partir da metodologia dos referenciais locais descrita em secções anteriores, foi desenvolvido um algoritmo computacional que é apresentado no corrente capítulo, o quais tem por principal função a implementação da simulação de movimentos de órteses e a aplicação do controle cinemático direto de membros antropomórficos inferiores.

Inicialmente, será apresentada uma descrição do algoritmo computacional desenvolvido a partir do modelo geométrico gerado para o sistema articular antropomórfico dos membros inferiores.

A presente sessão é iniciada com a descrição da estruturação destes programas, seguida da apresentação e análise dos respectivos resultados das simulações computacionais efetuadas.

4.2.1. Aplicativo da Modelagem: Implementação Computacional do Modelo Cinemático Direto dos Membros Inferiores

Devido à limitação apresentada pelos aplicativos atualmente disponíveis para a simulação dos movimentos de sistemas antropomórficos por apresentarem muitos graus de liberdade, foram desenvolvidos programas dedicados a esta função específica.

Os diferentes graus de liberdade do sistema articular são definidos através de seus sistemas de coordenadas. Deste modo a posição e orientação dos pontos da estrutura podem ser sistematicamente definidas. Assim sendo, qualquer objeto no espaço de trabalho do sistema articular pode ser relacionado, e a partir disto, estabelecerem-se leis de controle baseados no modelo cinemático que relaciona a posição e orientação espacial dos seus elementos constituintes.

A partir das variáveis articulares é possível determinar a posição vetorial e a matriz de orientação do sistema em relação ao referencial inercial fixo na base localizada no centro geométrico do corpo.

Assim sendo, utilizando o modelo cinemático descrito no capítulo 3, foi elaborado um programa computacional, referente ao setor da cintura pélvica, o qual, através da aplicação das equações cinemáticas diretas do sistema articular, efetuam o cálculo do deslocamento no espaço cartesiano dos diversos elos das estruturas articuladas e das matrizes de orientação, a partir da entrada do deslocamento angular das diversas juntas do sistema. Para simplificar a implementação computacional, foi usada a propriedade da simetria dos hemisférios esquerdo e direito, tendo como por metodologia de modelagem o estabelecimento dos parâmetros do lado esquerdo, possibilitando assim a determinação dos parâmetros do lado direito. Alguns dos resultados da simulação são apresentados no Anexo II. Na figura 4.11, é mostrado o fluxograma do algoritmo computacional dedicado a implementação de controle cinemático direto de servosistemas com configuração bípede antropomórfica.

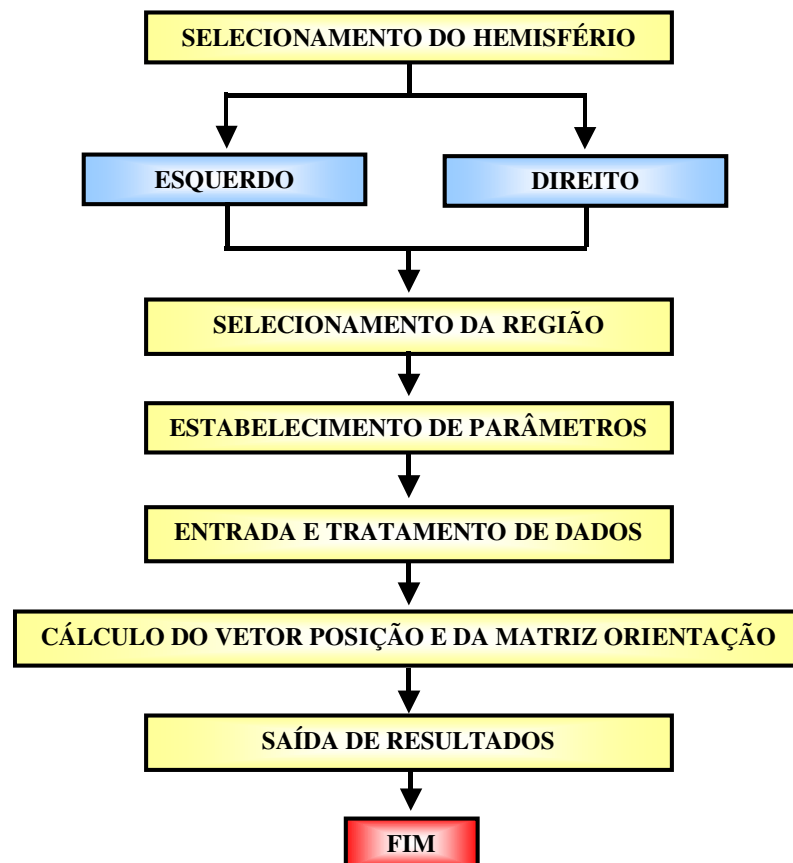


Figura 4. 11: Fluxograma do algoritmo computacional dedicado ao estabelecimento de controle cinemático direto de membros inferiores antropomórficos.

DESCRIÇÃO DE ETAPAS DO FLUXOGRAMA

Etapa 1 – Seleção do Hemisfério

Nesta etapa o usuário seleciona o hemisfério do corpo humano a ser simulado, podendo optar pelos hemisférios esquerdo ou direito.

Etapa 2 – Seleção da Região

Nesta etapa o usuário seleciona a região a ser considerada para a simulação, sendo que o menu dos membros inferiores é composto pelos setores:

- • JUNTA INTERNA À JUNTA EXTERNA DO QUADRIL
- • JUNTA INTERNA AO JOELHO
- • JUNTA INTERNA À CANELA
- • JUNTA INTERNA AO TORNOZELO
- • JUNTA INTERNA AO DEDO 1
- • JUNTA INTERNA AO DEDO 2
- • JUNTA INTERNA AO DEDO 3
- • JUNTA INTERNA AO DEDO 4
- • JUNTA INTERNA AO DEDO 5

Etapa 3 – Seleção de Parâmetros

Nesta etapa o programa define automaticamente os parâmetros do membro, sendo definidos:

- A Matriz e do Vetor de posição inicial,
- Os Limites angulares das juntas,
- As Dimensões dos elementos geométricos constituintes da cadeia,

- O Número de graus de liberdade,
- O Ponto inicial,
- O Ponto final.

Etapa 4 – Entrada de dados

Nesta etapa o usuário carrega o programa com os dados de entrada requeridos no algoritmo, sendo que o processo é composto por:

- Entrada de dados dos ângulos das juntas (em graus),
- Alteração do ângulo caso haja erro ao entrar com o valor,
- Conversão do angulo de graus em radianos,
- Cálculo do valor dos senos e cossenos dos ângulos de entrada,

Etapa 5 – Cálculo do Vetor Posição e da Matriz Orientação

Nesta etapa, o programa efetua os cálculos da Matriz de Orientação final, do vetor posição final e das coordenadas retangulares dos pontos importantes do setor selecionado da cadeia cinemática do membro superior ou inferior, conforme previamente determinado pelo usuário.

Etapa 6 – Saída de Resultados

Nesta etapa, o programa fornece a saída de resultados via vídeo ou impressora, conforme determinado pelo usuário.

UM EXEMPLO DE INTERFACE ELETRÔNICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLE DE ATUADORES CC DA ÓRTESE

Para uma primeira aplicação de servo-controle de órteses, nesse trabalho de pesquisa foi utilizado o sistema ROBIX RCS-6 que possui características da robótica industrial em um sistema barato, de fácil construção e educativo, sendo que os principais módulos deste *kit* são mostrados na figura 4.12.

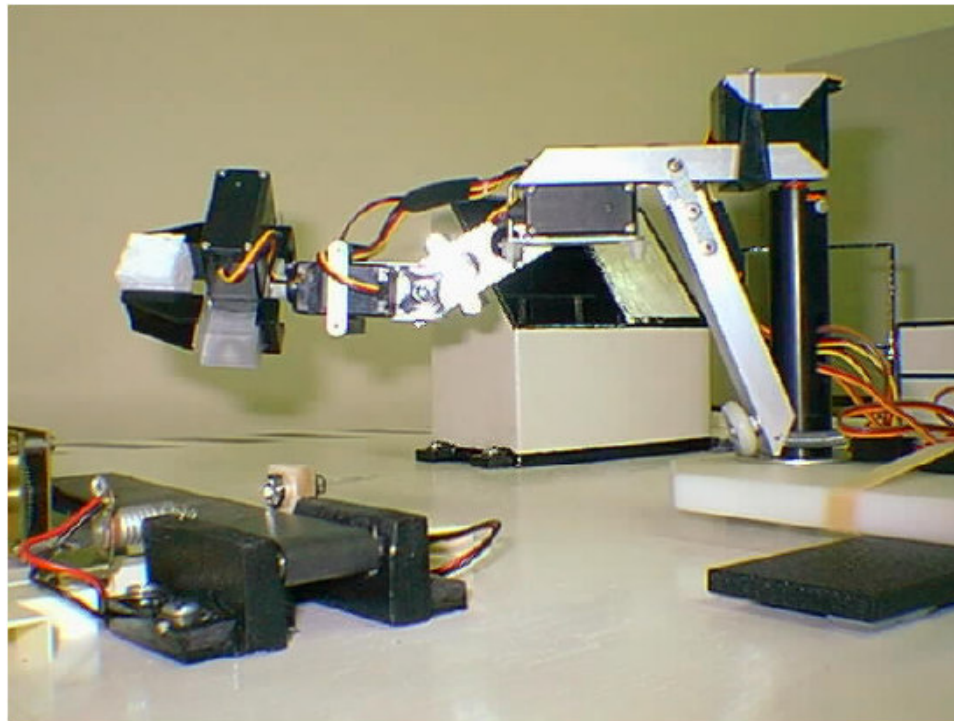


Figura 4. 12: KIT ROBIX RCS-6

O adaptador do kit ROBIX RCS-6 é um dispositivo eletrônico que controla as funções do robô e conecta-se a um computador compatível com IBM PC, através de uma porta paralela. Possui seis saídas para controle de servo-motores.

Apresenta também oito entradas analógicas, com um conversor analógico-digital de oito canais e oito bits, que permite a conexão de sensores. Possui também sete chaves digitais que comandam a comutação de cargas externas, além de duas saídas que fornecem 150mA de corrente contínua para a alimentação de pequenos motores e lâmpadas.

A interface ou programa console (rbxcon.exe) é um ambiente de programação que permite programar os movimentos do robô. O programa console é executado no sistema operacional DOS, provendo um ambiente de programação industrial para robôs de exploração. Este programa possui uma linguagem de *script*, a qual permite controlar o robô facilmente. O programa console implementa o modo de ensino (*Teach Mode*) para programação sem que comandos tenham que ser digitados, além de exibir continuamente os parâmetros do robô e as leituras dos sensores.

O *driver* de dispositivo (rbxdrv.exe) provê a interface de baixo nível com o adaptador do ROBIX RCS-6. Este programa é automaticamente instalado na memória quando o programa console é executado. Ele permite que o controle do ROBIX seja feito por meio do programa console ou das bibliotecas de interface com o *driver* de dispositivo, incluídas no *kit*.

O *driver* de dispositivo permite uma coordenação automática dos movimentos simultâneos dos servos, ajustando automaticamente a velocidade dos mesmos para realizarem movimentos suaves, permitindo que todos iniciem e parem ao mesmo tempo.

As bibliotecas de interface com o *driver* de dispositivo, que são referenciadas neste artigo simplesmente por **bibliotecas do ROBIX**, possuem várias rotinas avançadas que permitem programar o robô diretamente. Estas rotinas permitem o controle completo do ROBIX RCS-6, possibilitando o monitoramento e o controle de suas ações, parâmetros, estados, sensores, relatórios de erros, carga de arquivos, etc. As bibliotecas do ROBIX permitem a programação condicional requerida, quando o comportamento do robô é dado pela leitura de sensores provenientes do exterior.

No caso do ROBIX RCS-6, a técnica de controle conhecida por “Perfil de Velocidade Trapezoidal” é utilizada pelo driver de dispositivo para produzir inícios e paradas suaves para cada servo, o que é feito mediante o ajuste dos parâmetros de aceleração/desaceleração e velocidade máxima. O *driver* de dispositivo calcula o tempo necessário para cada porção do movimento de acordo com os parâmetros configurados para cada servo. Isto explica porque estes valores devem ser modificados e otimizados para cada servo com o objetivo de diminuir a vibração. Na figura 4.13, é mostrada a configuração geométrica criada para mimetizar uma perna antropomórfica simplificada em movimento de flexão e extensão.

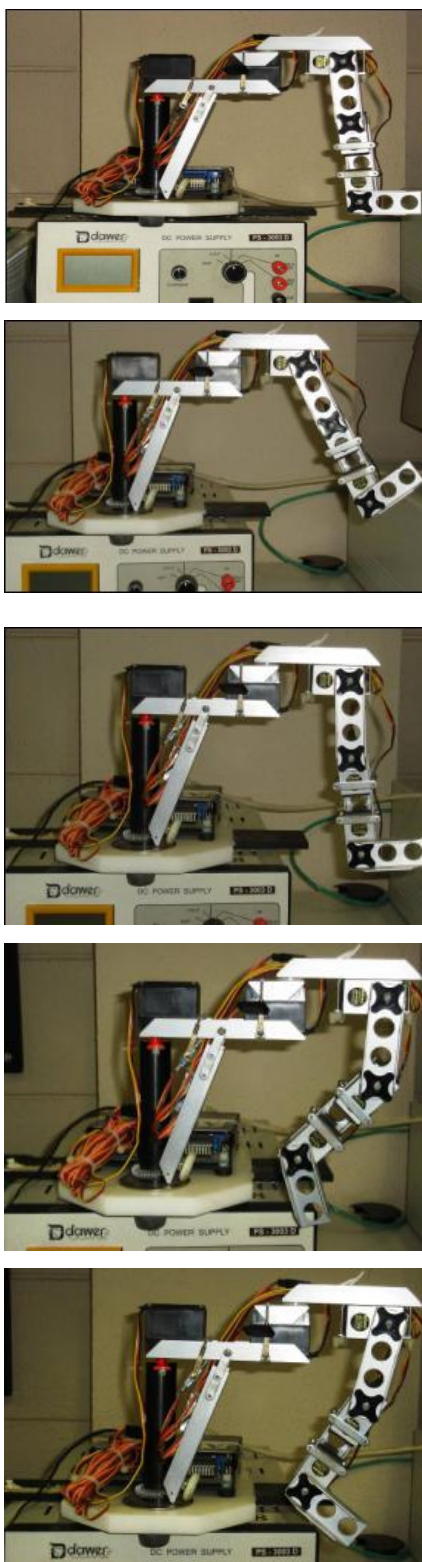


Figura 4. 13: Servo-sistema com configuração geométrica antropomórfica bípede.

Conclusões do experimento

Como pode ser verificado ante a análise da sequência de movimentos mostrada na figura 4.13, o servo-sistema mimetiza de forma simplificada as flexões e extensões das articulações do quadril, joelho e tornozelo sendo que terá grande utilidade no prosseguimento desse trabalho de pesquisa, pois, a partir do protótipo gerado utilizando o sistema ROBIX, como próximo passo será implementado o modelo cinemático direto em concatenação com o modelo cinemático inverso a ser gerado, permitindo a aplicação do controle cinemático em malha fechada do servo-sistema, como mostrado na figura 3.7.

4.3. Conclusões finais do capítulo

Através da união dos três experimentos mostrados neste capítulo, se propõe uma metodologia para o projeto e desenvolvimento de um sistema de controle cinemático para órteses ativas utilizando conceitos de mecatrônica aplicada.

Os dados aquisitados relativos às curvas cinemáticas das variações angulares de flexão e extensão das articulações do quadril, joelho e tornozelo, obtidas através do sistema de aquisição de sinais do eletrogoniômetro, poderão ser utilizadas nas entradas dos ângulos do algoritmo de controle cinemático direto que por sua vez controlará em tempo real os servo-acionadores do sistema robótico antropomórfico bípede. Para que se tenha o sistema em malha fechada ainda há a necessidade do desenvolvimento da modelagem cinemática inversa, além disso, para o dimensionamento dos acionadores, redutores do sistema há a necessidade do desenvolvimento da modelagem dinâmica. Uma solução alternativa estaria na aplicação de técnicas de mensuração cinesiológica dos atuadores musculares e para o estabelecimento do controle do servo-sistema a utilização de técnicas de inteligência artificial como a aplicação de controladores neuro-fuzzy.

Capítulo 5

Resultados, Conclusões e Perspectivas Futuras.

Neste trabalho de pesquisa, foram desenvolvidas metodologias necessárias para a implementação de órteses ativas de membros inferiores. Para tal tarefa, foram aplicados conceitos de Cinesiologia, Automação e Robótica, nos seguintes estudos:

1. Revisão bibliográfica do conteúdo a ser desenvolvido e posicionamento do problema;
2. Estudo anatômico do sistema esquelético estrutural e articular do corpo humano, enfatizando membros inferiores, e do tecido muscular dos membros superiores e inferiores;
3. Estudo cinesiológico do sistema articular, com ênfase na biomecânica da marcha humana;
4. Modelagem Direta do Sistema Articular dos Membros Inferior do Corpo Humano;
5. Elaboração de Algoritmos Computacionais, visando o estabelecimento de controle cinemático, com ênfase no desenvolvimento do Modelo Cinemático Direto para a obtenção da posição no espaço cartesiano e da matriz de Orientação, a partir dos ângulos das juntas (Modelo Cinemático Direto);
6. Desenvolvimento de aplicativo computacional para a modelagem do sistema articular antropomórfico de membros superiores e inferiores, fornecendo a posição espacial no espaço cartesiano e a matriz de orientação a partir da entrada dos ângulos de junta.

7. A Implementação Experimental, de dois protótipos de laboratório visando à consolidação do conteúdo teórico desenvolvido, constituindo dos seguintes experimentos:

a) Sistema computacional destinado à avaliação antropométrica de membros inferiores, composto por uma estrutura articular dotada de eletrogoniômetros, dispostos nas articulações do quadril, joelho e tornozelo e aparato de hardware e software dedicado a aquisição e tratamento dos sinais elétricos colhidos dos potenciômetros em instrumentação virtual implementada em PC.

b) Protótipo de um manipulador planar de três articulações rotacionais planares, que permitirá em trabalhos futuros a verificação do modelo, a aplicação do conceito da geração de trajetórias e controle de movimentos no espaço de juntas e cartesiano.

O modo estruturado abordado nestes experimentos permite que a mesma metodologia utilizada seja facilmente estendida a próteses antropomórficas com mais graus de liberdade.

Como por metas futuras a serem desenvolvidas almeja-se:

- A modelagem dinâmica dos membros superiores e inferiores do corpo humano;
- O estudo e implementação de Sistemas de Teleoperação Mioelétrica em próteses ativas de membros superiores e inferiores naturais e artificiais.
- O desenvolvimento de geração de trajetórias dos principais movimentos tanto dos membros superiores, quanto dos membros inferiores, visando à elaboração dos algoritmos da marcha e da corrida humana;
- O estudo de atuadores pneumáticos e hidráulicos e suas possíveis aplicações em futuros protótipos.
- O estudo e implementação de Lógica Fuzzy e Redes Neurais Artificiais em controle de órteses de membros inferiores.

Referências Bibliográficas

BARBEAU, H. et al. **Tapping into Spinal Circuits to Restore Motor Function.** Brain Research Reviews, vol. 30: p. 27-51, 1999.

BASMAJIAN, J. V., T. P. HARDIN, AND E. M. REGENOS **Integrated Actions of the Four Heads of the Quadriceps Femoris: An Electromyographi-graphic Study.** Anat. Rec. ,vol 172: p. 15-20, 1972.

BASMAJIAN, J. V., **Terapêutica por Exercícios**, 3ª ed., São Paulo, Manole, 1987.

BAUMANN, W. **Procedimentos para Determinar as Forças Internas na Biomecânica do Ser Humano – Aspectos da Carga e Sobrecarga nas Extremidades Inferiores**, IV Congresso Brasileiro de Biomecânica. Brasília , 1995.

BENTON, L. A.; BAKER, L.L.; BOWMAN, B. R. & WATERS, R.L. **Functional Electrical Stimulation – A Practical Clinical Guide the Professional Staff Association of Rancho Los Amigos Hospital**, 2ª Ed. Philadelphia, 1989

BOWKER, P., CONDIE, D.N., BADER, D.L., PRATT, D.J. **Biomechanical Basis of Orthotic Management.** Butterworth Heinemann, Oxford, U.K., 1993.

BROMLEY, I. **Paraplegia e Tetraplegia: Um Guia Teórico-Prático para Fisioterapeutas, Cuidadores e Familiares.** 4ª edição. Rio de Janeiro: Revinter, 1997.

C.L. VAUGHAN, B.L. DAVIS, J.C. O'CONNOR, **Dynamics of Human Gait.** 2nd Editions, Human Kinetics Publishers, 1999.

CAMPOS, D.C, BEZERRA, C.A.D, ZAMPIERI, D.E. e MENDELECK, A. **Modelagem e Simulação de Um Bípede.** Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM. 07-11 de Agosto de 2000, Natal – RN, 2000.

CAMPOS, D.C., BEZERRA, C.A.D, ZAMPIERI, D.E. e MENDELECK, A. **Modelagem Dinâmica de um Robô Bípede**, XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Uberlândia, MG. 26-30 Novembro, 2001.

CARVALHO, D.C.L.; CARVALHO, M.M.; CLIQUET JR., A. **Osteoporose por Desuso: Aplicação na Reabilitação do Lesado Medular**. Acta Ortop. Bras., vol.9, n 3: p.34-43, 2003.

CLIQUET JR, A.; FRANCA, J. E. M., SONEGO, D. et al. **Technological Advances in Orthopedics: Upper and Lower Limbs Analysis**. Acta Ortop. Brás. , vol.12, n 1: p.57-61. Jan./Mar, 2004.

CLIQUET JR., A.; SOLOMONIDIS, S. E.; ANDREWS, B. J.; PAUL, J. P. **FES in Standing Up Paralyzed Person – A Biomechanical Assessment**. Clinical Applications of Biomechanics. Biological Engineering Society, University of Salford, GB, 1988.

CLIQUET JR.; A.; BAXELANDALE, RH; ANDREWS, B.J. **Paraplegic Locomotion and its Metabolic Energy Expenditure**. In Rose, F. C.; Jones, R., Vebová, G. Neuromuscular Stimulation: Basic Concepts and Clinical implications. USA, Demos, vol 3: p. 273-274, 1989.

COWELL LL, SQUIRES W.G., RAVEN, P.B. **Benefits of Aerobic Exercise for the Paraplegic: A Brief Review**. Med Sci Sports Exerc. Oct ;18(5):501-8, 1986.

CROSBIE, W. J., NICOL A. C. **Reciprocal Aided Gait in Paraplegia**, Paraplegia, vol. 28, n. 6: p. 353-363, 1990.

DIAS BEZERRA, C.A; ZAMPIERI, D.E. **Biped Robots: The State of Art**. International Symposium on History of Machines and Mechanisms - HMM2004. May 12 - 15, 2004. Cassino, Italy, 2004.

SOLTEIRO PIRES, E. J., TENREIRO MACHADO, J. A. **Geração de Trajectórias para Manipuladores Redundantes Utilizando Algoritmos Genéticos**. Revista Robótica e Automatização, Portugal, n. 35: p. 12-16, 2º Trimestre, 1999.

EDGERTON, V. R. **How the Science and Engineering of Space Flight Contribute to Understanding the Plasticity of Spinal Cord Injury.** Acta Astronautica, vol.47, n. 1: p. 51-62, 2000.

FIELD-FOTE, E. C. **Spinal Cord Control of Movement: Implications for Locomotor Rehabilitation Following Spinal Cord Injury.** Rev. Physical Therapy, vol. 80, n 5: pg. 477-484, 2000.

FISEKOVIC, N.; POPOVIC, D.B. **New Controller for Functional Electrical Stimulation Systems.** Medical Engineering & Physics, vol.23: p. 391-399, 2001.

FRIGO, C. **EMG Signal Detection and Processing for On-line Control of Functional Electrical Stimulation.** J. Electromyography and Kinesiology, vol. 10:p. 351-360, 2000.

GALHANO, A.M.S.F.; CARVALHO, J.L.M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. **Statistical Analysis of Muscle-Actuated Manipulators.** In: ICRA'92-IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1992, Nice, França. Proceedings of ICRA'92-IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nice, França, vol. 4: p. 566-571, 1992.

GARDINER, M. D. **Manual de Terapia por Exercícios**, 4ª ed. São Paulo, Santos, 1995.

GLASER. R. M. **The Physiology of Exercise for People with Spinal Cord Injury.** Disponível na Internet <http://www.vard.org/mono/sci/sciglase.htm> [15 dezembro 2005].

GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P. **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal.** São Paulo: Roca, 2001.

GREVE, J. M. D.; CASTRO A. W. **Locomoção na Lesão da Medula Espinal.** In: Greve, J. M. D.; Casalis, M. E. P.; Barros Filho, T. E. P. Diagnóstico e tratamento da lesão da medula espinhal. São Paulo: Roca, p. 75-79, 2001.

GUADAGNOLI, M. A.; ETNYRE, B.; RODRIGUE, M.L. **A Test of a Dual Central Pattern Generator Hypothesis for Subcortical Control of Locomotion.** Electromyography and Kinesiology, vol 10: p. 241-247, 2000.

GUYTON, A. C; HALL, J.. **Tratado de Fisiologia Médica**. 2º Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

HENNING, E.M. **Gait Analysis and the Biomechanics of Human Locomotion**. VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, p.19-26, 1999.

JIN, Z., KOBETIC, R., **Rail Supporting Transducerposts for Three-Dimensional Force Measurement**, IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, vol. 5, n. 4: p. 380-387, 1997.

KAGAYA, H., SHIMADA, Y., SATO, K., SATO, M., LIZUKA, K., OBINATA, G. **An Electrical Knee Lock System for Functional Electrical Stimulation**, Arch Phys Med Rehabil, vol. 77: p. 870- 873, 1996.

KOJIMA N.; NAKAZAWA, K.; YANO, H. **Effects of Limb Loading on the Lower- limb Electromyography Activity During Orthotic Locomotion in a Paraplegic Patient**. Neuroscience Letters, vol. 274: p. 211-213, 1999.

MAALEJ, N., WEBSTER, J. G., **A Miniature Electro optica Force Transducer**, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 35, n. 2: p. 93-98, 1988.

MARSOLAIS, E.B.;KOBETIC,R. **Functional Electrical Stimulation for Walking in Parapelgia**. The journal of Bone and Joint Surgery,vol. 69a, n.5: p. 728-733,1987.

MATSUNAGA, T.; SHIMADA Y.; SATO K. **Muscle Fatigue fron Intermittent Stimulation with Low and High Frequency Electrical Pulses**, Arch Phys Med Rehabil, vol. 80: p. 48-53, 1999.

NATHAN, R.; TAVI, M. **The Influence of Stimulation Pulse Frequency on the Generation of Joint Movement in Upper Limb**. IEEE – Transactions on Biomedical Engineering, vol. 37 (3): p. 317-322, 1990.

NOREAU, L., RICHARDS, C. L., COMEAU, F., TARDIF, D. , **Biomechanical Analysis of Swing-Throug Gait in Paraplegic and Non-Disabled Individuals**, Journal of Biomechanics, vol. 28, n. 6: p. 689-700, 1995.

O'SULIVAN, S. B., **Fisioterapia: Avaliação e Tratamento**, 2ª ed., São Paulo, Manole, 1993.

PARZIALE, J. R., DANIELS, J. D. **The Mechanical Performace of Ambulation Using Spring-Loaded Axillary Crutches**, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 70, n. 8: p. 192-195, 1989.

PAUL, P. **Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control**. The Mit Press, 324 p, 1981.

PETROFSKY, J. S.; PHILIPS, C. A.; LARSON, P.; DOUGLAS, R. **Computer Synthesized Walking: An Application of Orthoses and Functional Electrical Stimulation (FES)**. Journal of Neurological and Ortho pedic Medicine and Surgery, vol. 6(3): p.219-230, 1985

PRATT D. J., **Some Aspects of Modern Orthotics** Orthotics & Disability Res.Centre, Derbyshire R. Infirmary, Derby, UK Print publication: Issue 1 February, 1994.

RAMALHO, JR. F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. **Os Fundamentos da Física**. São Paulo: moderna, vol. 3, 6ª ed., 1994.

RANU, H. S. **Miniature Load Cells for the Measurement of Foot-Ground Reaction Forces and Centre of Foot Pressure During Gait**, Journal of Biomedical Engineering, vol. 8, n. 4: p. 175-177, 1986.

Rede Sarah de Hospitais do Aparelho Locomotor. Disponível na internet <http://www.Sarah.Br> [15 dezembro,2005]

ROSÁRIO, J.M. **Etude de Faisabilité d' une Commande de Type Non-Lineaire pour un Robot Manipulateurs**. PHD Thesis - Ecole Centrale des Arts et Manutactures, Paris, France. 248 f., 1990

ROSE,J. GAMBLE, J. **Marcha Humana**. São Paulo: Premier, 1998.

ROSSI M.D., HASSON S., KOHIA M., BRYAN W., ETNYRE B., OLSON S., PINEDA E. **A Comparison of Quadriceps Strength and Girth Between Involved and Uninvolved Limbs in Individuals with Total Knee Arthroplasty**. Phys Ther, 78(5):S75, 1998.

SÁ, C.E.; ROSÁRIO, J.M. **Implementation of Numerical Algorithms for the Resolution of the kinematic Inverse Problem of Robots Manipulators** .In: ICONE'96 Second International Conference on Non-Linear Dynamics, Chaos, Control and their Applications in Engineering Sciences, 1996, São Pedro-S.P. Proceedings of Second International Conference on Non-Linear Dynamics, Chaos, Control and their Applications in Engineering Sciences, p.246-252, 1996.

SALMONS, S. **The Adaptative Capacity of Skeletal Muscle and Its Relevance to some Therapeutic uses of Electrical Stimulation**. Proc Int Cell Biology and Clinical Management, vol.71: p.28-30, 1985.

SAUNDERS, J. B., INMAN, V. T., & EBERHART, H. D. **The Major Determinants in Normal and Pathological Gait**. The Journal of Bone and Joint Surgery, vol. 35-A (3): p.543–558., 1953.

SCOTT, T.R.D; HAUGLAND, M. **Command/Control Interfaces for Advances Neuroprosthetic Applications**. Disponível na internet <http://feswww.fes/papers>.

SEKHON,L.H.S.; FEHLINGS, M. G. **Epidemiology, Demographics and Pathophysiology of Acute Spinal Cord Injury**.Spine, vol. 26, N. 24 S: p. S2-S12, 2001.

SILVA, F. M.; TENREIRO MACHADO, J.A.**Controllability Analysis of Biped Walking Robots**. In: AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, Nagoya, Japan, 2000. Proceedings of AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, , Nagoya, Japan, , p. 595-600, 2000.

SILVA, F. M.; TENREIRO MACHADO, J.A. **Energy Analysis During Biped Walking**. In: **ICRA'99** IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1999, Detroit, Michigan, USA. Proceedings of ICRA'99-1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Detroit, Michigan, USA, p. 59-64, 1999.

SMITH, L. K., WEISS, E. L., LEHMKUHL, L. D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. São Paulo: Manole, 1997.

SPEETER. Transforming Human Hand Motion for Telem Manipulation. Presences: teleoperators and Virtual Environments, vol. 1, n. 1: p. 63-79, 1992.

TOMOVIC, B. G. An Adaptive Artificial Hand. RE Trans. Automat. Contr., vol. AC-7, n. 3: p. 3-10, 1962.

TREMBLAY, M. Going Back to Civy Street: a Historical Account of the Impact of the Everest and Jennings Wheelchair for Canadian World War II Veterans with Spinal Cord Injury. Disability & Society, vol.11, N.2:p. 149-169, 1996.

VANRIPER. The Kinematics for An Anthropomorphic Robot Hand. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY. 235 f.,1992.

VILADOT A, LORENZO J.C., SALAZAR J., RODRIGUEZ A. The Subtalar Joint: Embryology and Morphology. Foot Ankle..vol.5: p. 54–66, 1984.

WILHERE, G. F.; GRACO, P. E. & CHIZECK, H. J. Design and evaluation of Digital Closed-Loop Controller for the Regulation of Muscle Force by Recruitment Modulation. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. BME 32, n. 9: p. 668-676, 1985.

WINTER, D. A. Biomechanics in the Rehabilitation of Human Movement, 1^a ed, Waterloo, 1991.

WINTER, D. A. The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly, And Pathological. 2nd. Ed., Waterloo, Ontario, Canada, University of Waterloo Press, p. 21, 1991.

WINTER, D.A. Biomechanics of Human Movement. New York, John Wiley & Sons, 1981

ZERNICKE, R.F. Emergence of Human Biomechanics. Perspectives on the Academic Disciplines of Physical Education (ed. Brooks, G.A.). Human Kinetics Publications, Champaign, IL. p.124-136, 1981.

Zhu, H.S., Wertsch, J. J., Harris, G. F., Loftsgaarden, J. D., Price, M. B., **Foot Pressure Distribution During Walking and Shuffling**, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, vol. 72, n. 6: p. 390-397, 1991.

Anexo I

PARÂMETROS DO MODELO CINEMÁTICO ANTROPOMÓRFICO

Tabela 1		
Vetores de Translação		
Cintura Pélvica		
$L_1 = [0 \quad 0 \quad -60]^T$	$L_{14} = [0 \quad 0 \quad -5]^T$	$L_{24} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_2 = [-72 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{151} = [35 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{25} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_3 = [0 \quad 155 \quad 0]^T$	$L_{152} = [0 \quad 0 \quad -110]^T$	$L_{26} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_4 = [72 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{232} = [22 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{28} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_5 = [0 \quad 40 \quad 0]^T$	$L_{233} = [4 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{29} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_6 = [0 \quad 0 \quad -68]^T$	$L_{234} = [-15 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{30} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_7 = [0 \quad -40 \quad 0]^T$	$L_{235} = [-33 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{32} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_8 = [0 \quad 0 \quad -286]^T$	$L_{16} = [0 \quad 0 \quad -35]^T$	$L_{33} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_9 = [0 \quad 0 \quad -100]^T$	$L_{17} = [0 \quad 10 \quad 0]^T$	$L_{34} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_{10} = [0 \quad 0 \quad -148]^T$	$L_{18} = [10 \quad 0 \quad 0]^T$	$L_{36} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_{11} = [0 \quad 0 \quad -5]^T$	$L_{19} = [0 \quad -10 \quad 0]^T$	$L_{37} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_{12} = [0 \quad 0 \quad -5]^T$	$L_{20} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$	$L_{38} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$
$L_{13} = [0 \quad 0 \quad -5]^T$	$L_{21} = [0 \quad 0 \quad -25]^T$	

TABELA 2**Tabela 5****DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES ARTICULARES DAS JUNTAS DO MODELO GEOMÉTRICO*****Cintura Pélvica – Hemisfério Esquerdo***

Junta	Limites Angulares da Junta		Função
	Ângulo Mínimo	Ângulo Máximo	
q ₁	-30°	30°	Junção central do quadril com a coluna vertebral
q ₂	-30°	45°	abdução e adução da coxa em relação a bacia
q ₃	-30°	90°	flexão e extensão da coxa em relação a bacia
q ₄	-30°	30°	rotação medial e lateral da coxa em relação a bacia
q ₅	-120°	0°	flexão e extensão da Perna em relação a coxa
q ₆	-45°	45°	rotação medial e lateral da perna
q ₇	-30°	30°	flexão e extensão do pé em relação a perna (mergulho)
q ₈	-10°	10°	flexão-extensão lateral e medial do pé, em relação a perna (guinado)
q ₉	0°	10°	Flexão-Extensão tarsica – movimento integrado dos dedos
q ₁₀	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 1
q ₁₁	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 1 Proximal
q ₁₂	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 1
q ₁₃	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 1
q ₁₄	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 2
q ₁₅	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 2 Proximal
q ₁₆	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 2
q ₁₇	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 2
q ₁₈	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 3
q ₁₉	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 3 Proximal
q ₂₀	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 3
q ₂₁	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 3
q ₂₂	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 4
q ₂₃	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 4 Proximal
q ₂₄	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 4
q ₂₅	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 4
q ₂₆	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 5
q ₂₇	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 5 Proximal
q ₂₈	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 5
q ₂₉	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 5

TABELA 3

DESCRIÇÃO DOS PONTOS IMPORTANTES DO MEMBRO INFERIOR (HEMISFÉRIO ESQUERDO)	
JUNÇÃO CENTRAL DO QUADRIL COM A COLUNA VERTEBRAL	DEDO 2
$O_1 = O_0$	$O_{22} = O_{16} + R_{09} * L_{21}$ $O_{23} = O_{22} + R_{014} * L_{22}$ $O_{24} = O_{23} + R_{015} * L_{23}$ $O_{25} = O_{24} + R_{016} * L_{24}$ $O_{26} = O_{25} + R_{017} * L_{25}$
QUADRIL ATE TORNOZELO	DEDO 3
$O_2 = O_1 + R_{01} * L_1$ $O_3 = O_2 + R_{01} * L_2$ $O_4 = O_3 + R_{01} * L_3$ $O_5 = O_4 + R_{01} * L_4$ $O_6 = O_5 + R_{02} * L_5$ $O_7 = O_6 + R_{02} * L_6$ $O_8 = O_7 + R_{02} * L_7$ $O_9 = O_8 + R_{03} * L_8$ $O_{10} = O_9 + R_{04} * L_9$ $O_{11} = O_{10} + R_{05} * L_{10}$ $O_{12} = O_{11} + R_{06} * L_{11}$ $O_{13} = O_{12} + R_{07} * L_{12}$ $O_{14} = O_{13} + R_{08} * L_{13}$ $O_{15} = O_{14} + R_{08} * L_{14}$	$O_{27} = O_{16} + R_{09} * L_{26}$ $O_{28} = O_{27} + R_{018} * L_{27}$ $O_{29} = O_{28} + R_{019} * L_{28}$ $O_{30} = O_{29} + R_{020} * L_{29}$ $O_{31} = O_{30} + R_{021} * L_{30}$
PONTO DE LIGACAO PLANTA DO PE ATÉ OS DEDOS	DEDO 4
$O_{16} = O_{15} + R_{09} * L_{15}$	$O_{32} = O_{16} + R_{09} * L_{31}$ $O_{33} = O_{32} + R_{022} * L_{32}$ $O_{34} = O_{33} + R_{023} * L_{33}$ $O_{35} = O_{34} + R_{024} * L_{34}$ $O_{36} = O_{35} + R_{025} * L_{35}$
DEDO 1	DEDO 5
$O_{17} = O_{16} + R_{09} * L_{16}$ $O_{18} = O_{17} + R_{010} * L_{17}$ $O_{19} = O_{18} + R_{011} * L_{18}$ $O_{20} = O_{19} + R_{012} * L_{19}$ $O_{21} = O_{20} + R_{013} * L_{20}$	$O_{37} = O_{16} + R_{09} * L_{36}$ $O_{38} = O_{37} + R_{026} * L_{37}$ $O_{39} = O_{38} + R_{027} * L_{38}$ $O_{40} = O_{39} + R_{028} * L_{39}$ $O_{41} = O_{40} + R_{029} * L_{40}$

TABELA 4

Matrizes de Transformação Homogêneas (Rotação) do Membros Inferior (Hemisfério Esquerdo)

$$\begin{aligned}
R_x(32) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{32} & -S_{32} \\ 0 & S_{32} & C_{32} \end{bmatrix} & R_y(33) &= \begin{bmatrix} C_{33} & 0 & S_{33} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{33} & 0 & C_{33} \end{bmatrix} & R_z(34) &= \begin{bmatrix} C_{34} & -S_{34} & 0 \\ S_{34} & C_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & R_y(35) &= \begin{bmatrix} C_{35} & 0 & S_{35} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{35} & 0 & C_{35} \end{bmatrix} & R_z(31) &= \begin{bmatrix} C_{31} & -S_{31} & 0 \\ S_{31} & C_{31} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
R_y(37) &= \begin{bmatrix} C_{37} & 0 & S_{37} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{37} & 0 & C_{37} \end{bmatrix} & R_x(38) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{38} & -S_{38} \\ 0 & S_{38} & C_{38} \end{bmatrix} & R_y(39) &= \begin{bmatrix} C_{39} & 0 & S_{39} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{39} & 0 & C_{39} \end{bmatrix} & R_y(40) &= \begin{bmatrix} C_{40} & 0 & S_{40} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{40} & 0 & C_{40} \end{bmatrix} & R_z(36) &= \begin{bmatrix} C_{36} & -S_{36} & 0 \\ S_{36} & C_{36} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
R_y(42) &= \begin{bmatrix} C_{42} & 0 & S_{42} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{42} & 0 & C_{42} \end{bmatrix} & R_y(43) &= \begin{bmatrix} C_{43} & 0 & S_{43} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{43} & 0 & C_{43} \end{bmatrix} & R_y(44) &= \begin{bmatrix} C_{44} & 0 & S_{44} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{44} & 0 & C_{44} \end{bmatrix} & R_y(45) &= \begin{bmatrix} C_{45} & 0 & S_{45} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{45} & 0 & C_{45} \end{bmatrix} & R_y(46) &= \begin{bmatrix} C_{46} & 0 & S_{46} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{46} & 0 & C_{46} \end{bmatrix} \\
R_y(47) &= \begin{bmatrix} C_{47} & 0 & S_{47} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{47} & 0 & C_{47} \end{bmatrix} & R_y(48) &= \begin{bmatrix} C_{48} & 0 & S_{48} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{48} & 0 & C_{48} \end{bmatrix} & R_y(49) &= \begin{bmatrix} C_{49} & 0 & S_{49} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{49} & 0 & C_{49} \end{bmatrix} & R_y(50) &= \begin{bmatrix} C_{50} & 0 & S_{50} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{50} & 0 & C_{50} \end{bmatrix} & R_y(51) &= \begin{bmatrix} C_{51} & 0 & S_{51} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{51} & 0 & C_{51} \end{bmatrix} \\
R_y(52) &= \begin{bmatrix} C_{52} & 0 & S_{52} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{52} & 0 & C_{52} \end{bmatrix} & R_y(53) &= \begin{bmatrix} C_{53} & 0 & S_{53} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{53} & 0 & C_{53} \end{bmatrix} & R_y(54) &= \begin{bmatrix} C_{54} & 0 & S_{54} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{54} & 0 & C_{54} \end{bmatrix} & R_y(55) &= \begin{bmatrix} C_{55} & 0 & S_{55} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{55} & 0 & C_{55} \end{bmatrix} & R_y(56) &= \begin{bmatrix} C_{56} & 0 & S_{56} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{56} & 0 & C_{56} \end{bmatrix} \\
R_y(57) &= \begin{bmatrix} C_{57} & 0 & S_{57} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{57} & 0 & C_{57} \end{bmatrix} & R_y(58) &= \begin{bmatrix} C_{58} & 0 & S_{58} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{58} & 0 & C_{58} \end{bmatrix} & R_y(59) &= \begin{bmatrix} C_{59} & 0 & S_{59} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{59} & 0 & C_{59} \end{bmatrix} & & &
\end{aligned}$$

Anexo II

RESULTADOS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS MOVIMENTOS DOS MEMBROS INFERIORES

II. Teste Geométrico dos Membros Inferiores do Modelo Antropomórfico

Junta Interna a Junta Externa do Quadril -Teste 1					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = -30			tet (31) = -30		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 81.25	Oy(2) = 140.7291	Oz(2) = 0	Ox(52) = 81.25	Oy(52) = -140.7291	Oz(52) = 0
Ox(3) = 150.532	Oy(3) = 100.7291	Oz(3) = 0	Ox(53) = 150.532	Oy(53) = -100.7291	Oz(53) = 0
Ox(4) = 150.532	Oy(4) = 100.7291	Oz(4) = -60	Ox(54) = 150.532	Oy(54) = -100.7291	Oz(54) = -60
Ox(5) = 115.891	Oy(5) = 120.7291	Oz(5) = -60	Ox(55) = 115.891	Oy(55) = -120.7291	Oz(55) = -60
Ox(6) = 128.391	Oy(6) = 142.3798	Oz(6) = -60	Ox(56) = 128.391	Oy(56) = -142.3798	Oz(56) = -60
Ox(7) = 128.391	Oy(7) = 142.3798	Oz(7) = -125	Ox(57) = 128.391	Oy(57) = -142.3798	Oz(57) = -125
Ox(8) = 115.891	Oy(8) = 120.7291	Oz(8) = -125	Ox(58) = 115.891	Oy(58) = -120.7291	Oz(58) = -125
Ox(9) = 115.891	Oy(9) = 120.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = 115.891	Oy(59) = -120.7291	Oz(59) = -135
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 115.891	Oy(9) = 120.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = 115.891	Oy(59) = -120.7291	Oz(59) = -135
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0	Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0
Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0	Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna a Junta Externa do Quadril - Teste 2					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 30			tet (31) = 30		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = -81.25	Oy(2) = 140.7291	Oz(2) = 0	Ox(52) = -81.25	Oy(52) = -140.7291	Oz(52) = 0
Ox(3) = -11.96797	Oy(3) = 180.7291	Oz(3) = 0	Ox(53) = -11.96797	Oy(53) = -180.7291	Oz(53) = 0
Ox(4) = -11.96797	Oy(4) = 180.7291	Oz(4) = -60	Ox(54) = -11.96797	Oy(54) = -180.7291	Oz(54) = -60
Ox(5) = -46.60899	Oy(5) = 160.7291	Oz(5) = -60	Ox(55) = -46.60899	Oy(55) = -160.7291	Oz(55) = -60
Ox(6) = -59.10899	Oy(6) = 182.3798	Oz(6) = -60	Ox(56) = -59.10899	Oy(56) = -182.3798	Oz(56) = -60
Ox(7) = -59.10899	Oy(7) = 182.3798	Oz(7) = -125	Ox(57) = -59.10899	Oy(57) = -182.3798	Oz(57) = -125
Ox(8) = -46.60899	Oy(8) = 160.7291	Oz(8) = -125	Ox(58) = -46.60899	Oy(58) = -160.7291	Oz(58) = -125
Ox(9) = -46.60899	Oy(9) = 160.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = -46.60899	Oy(59) = -160.7291	Oz(59) = -135
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = -46.60899	Oy(9) = 160.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = -46.60899	Oy(59) = -160.7291	Oz(59) = -135
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0	Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0
Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0	Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna a Junta Externa do Quadril - Teste 3					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (31) = 0		
tet (2) = -30			tet (32) = -30		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 184.1506	Oz(6) = -72.5	Ox(56) = 40	Oy(56) = -184.1506	Oz(56) = -72.5
Ox(7) = 40	Oy(7) = 151.6506	Oz(7) = -128.7917	Ox(57) = 40	Oy(57) = -151.6506	Oz(57) = -128.7917
Ox(8) = 40	Oy(8) = 130	Oz(8) = -116.2917	Ox(58) = 40	Oy(58) = -130	Oz(58) = -116.2917
Ox(9) = 40	Oy(9) = 125	Oz(9) = -124.9519	Ox(59) = 40	Oy(59) = -125	Oz(59) = -124.9519
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 40	Oy(9) = 125	Oz(9) = -124.9519	Ox(59) = 40	Oy(59) = -125	Oz(59) = -124.9519
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = .8660254	Ay = .5	Ny = 0	Sy = .8660254	Ay = .5
Nz = 0	Sz = -.5	Az = .8660254	Nz = 0	Sz = -.5	Az = .8660254

Junta Interna a Junta Externa do Quadril- Teste 4					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 45			tet(32) = 45		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 180.1777	Oz(6) = -42.32233	Ox(56) = 40	Oy(56) = -180.1777	Oz(56) = -42.32233
Ox(7) = 40	Oy(7) = 226.1396	Oz(7) = -88.28427	Ox(57) = 40	Oy(57) = -226.1396	Oz(57) = -88.28427
Ox(8) = 40	Oy(8) = 208.4619	Oz(8) = -105.9619	Ox(58) = 40	Oy(58) = -208.4619	Oz(58) = -105.9619
Ox(9) = 40	Oy(9) = 215.533	Oz(9) = -113.033	Ox(59) = 40	Oy(59) = -215.533	Oz(59) = -113.033
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 40	Oy(9) = 215.533	Oz(9) = -113.033	Ox(59) = 40	Oy(59) = -215.533	Oz(59) = -113.033
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = .7071068	Ay = -.7071068	Ny = 0	Sy = .7071068	Ay = -.7071068
Nz = 0	Sz = .7071068	Az = .7071068	Nz = 0	Sz = .7071068	Az = .7071068

Junta Interna a Junta Externa do Quadril- Teste 5					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = -30			tet(33) = -30		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 45	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -133.6602	Ox(59) = 45	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -133.6602
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 45	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -133.6602	Ox(59) = 45	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -133.6602
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna a Junta Externa do Quadril - Teste 6					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 90			tet(33) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 30	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -125	Ox(59) = 30	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -125
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 30	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -125	Ox(59) = 30	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -125
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

Junta Interna ao Joelho - Teste 7					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = -30			tet(34) = -30		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0	Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0
Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0	Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna ao Joelho - Teste 8							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 30				tet(34) = 30			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0		Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0	
Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0		Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Interna a Canela - Teste 9							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = -120				tet(35) = -120			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 191.9875	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -379.75		Ox(61) = 191.9875	Oy(61) = 162.5	Oz(61) = -379.75	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(11) = 191.9875	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -379.75		Ox(61) = 191.9875	Oy(61) = 162.5	Oz(61) = -379.75	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = -.5000001	Sx = 0	Ax = -.8660254		Nx = -.5000001	Sx = 0	Ax = -.8660254	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = .8660254	Sz = 0	Az = -.5000001		Nz = .8660254	Sz = 0	Az = -.5000001	

Junta Interna a Canela - Teste 10					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (31) = 0		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
tet (4) = 0			tet (34) = 0		
tet (5) = 0			tet (35) = 0		
tet (6) = 0			tet (36) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = - 162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = - 162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = - 162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = - 162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = - 187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = - 187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = - 162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = - 162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = - 162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna a Canela - Teste 11					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (31) = 0		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
tet (4) = 0			tet (34) = 0		
tet (5) = 0			tet (35) = 0		
tet(6) = -45			tet(36) = -45		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 108.7599	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -108.7599	Oz(65) = -838.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 108.7599	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -108.7599	Oz(65) = -838.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .7071068	Sx = .7071068	Ax = 0	Nx = .7071068	Sx = .7071068	Ax = 0
Ny = -.7071068	Sy = .7071068	Ay = 0	Ny = -.7071068	Sy = .7071068	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna a Tornozelo - Teste 12							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (31) = 0			
tet (2) = 0				tet (32) = 0			
tet (3) = 0				tet (33) = 0			
tet (4) = 0				tet (34) = 0			
tet(5) = 0				tet (35) = 0			
tet(6) = 45				tet(36) = 45			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 216.2401	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -216.2401	Oz(65) = -838.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 93.74011 Oy(15) = 216.2401 Oz(15) = -838.5				Ox(65) = 93.74011 Oy(65) = -216.2401 Oz(65) = -838.5			
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .7071068	Sx = -.7071068	Ax = 0		Nx = .7071068	Sx = -.7071068	Ax = 0	
Ny = .7071068	Sy = .7071068	Ay = 0		Ny = .7071068	Sy = .7071068	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Interna ao tornozelo - Teste 13							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (31) = 0			
tet (2) = 0				tet (32) = 0			
tet (3) = 0				tet (33) = 0			
tet (4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = -30				tet(37) = -30			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 42.5	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -832.8301		Ox(63) = 42.5	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -832.8301	
Ox(14) = 45	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -837.1603		Ox(64) = 45	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -837.1603	
Ox(15) = 110.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -799.1603		Ox(65) = 110.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -799.1603	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 110.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -799.1603		Ox(65) = 110.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -799.1603	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao tornozelo - Teste 14							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 30				tet(37) = 30			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 37.5	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -832.8301		Ox(63) = 37.5	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -832.8301	
Ox(14) = 35	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -837.1603		Ox(64) = 35	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -837.1603	
Ox(15) = 100.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -875.1603		Ox(65) = 100.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -875.1603	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 100.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -875.1603		Ox(65) = 100.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -875.1603	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao tornozelo - Teste 15							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 10				tet(38) = 10			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 163.3682	Oz(14) = -838.424		Ox(64) = 40	Oy(64) = -163.3682	Oz(64) = -838.424	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 163.3682	Oz(15) = -838.424		Ox(65) = 116	Oy(65) = -163.3682	Oz(65) = -838.424	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 116	Oy(15) = 163.3682	Oz(15) = -838.424		Ox(65) = 116	Oy(65) = -163.3682	Oz(65) = -838.424	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			

Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = .9848077	Ay = -.1736482	Ny = 0	Sy = .9848077	Ay = -.1736482
Nz = 0	Sz = .1736482	Az = .9848077	Nz = 0	Sz = .1736482	Az = .9848077

Junta Interna ao tornozelo - Teste 16					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet(31) = 0		
tet (2) = 0			tet(32) = 0		
tet (3) = 0			tet(33) = 0		
tet (4) = 0			tet(34) = 0		
tet (5) = 0			tet(35) = 0		
tet (6) = 0			tet(36) = 0		
tet (7) = 0			tet(37) = 0		
tet (8) = 0			tet(38) = 0		
tet (9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna ao tornozelo - Teste 17							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet(31) = 0			
tet (2) = 0				tet(32) = 0			
tet (3) = 0				tet(33) = 0			
tet (4) = 0				tet(34) = 0			
tet (5) = 0				tet(35) = 0			
tet (6) = 0				tet(36) = 0			
tet (7) = 0				tet(37) = 0			
tet (8) = 0				tet(38) = 0			
tet (9) = 0				tet(39) = 10			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9848077	Sx = 0	Ax = .1736482		Nx = .9848077	Sx = 0	Ax = .1736482	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.1736482	Sz = 0	Az = .9848077		Nz = -.1736482	Sz = 0	Az = .9848077	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 18							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(10) = -5				tet(40) = -5			
tet(11) = 0				tet(41) = 0			
tet(12) = 0				tet(42) = 0			
tet(13) = 0				tet(43) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5		Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5	
Ox(18) = 174.9239	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -836.7569		Ox(68) = 174.9239	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -836.7569	
Ox(19) = 199.8288	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -834.578		Ox(69) = 199.8288	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -834.578	
Ox(20) = 214.7717	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -833.2707		Ox(70) = 214.7717	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -833.2707	
Ox(21) = 229.7146	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -831.9634		Ox(71) = 229.7146	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -831.9634	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(21) = 229.7146	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -831.9634		Ox(71) = 229.7146	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -831.9634	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 19							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(10) = 30				tet(40) = 30			
tet(11) = 0				tet(41) = 0			
tet(12) = 0				tet(42) = 0			
tet(13) = 0				tet(43) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5		Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5	
Ox(18) = 172.3205	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -848.5		Ox(68) = 172.3205	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -848.5	
Ox(19) = 193.9711	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -861		Ox(69) = 193.9711	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -861	
Ox(20) = 206.9615	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -868.5		Ox(70) = 206.9615	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -868.5	
Ox(21) = 219.9519	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -876		Ox(71) = 219.9519	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -876	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(21) = 219.9519	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -876		Ox(71) = 219.9519	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -876	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 20					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = -5			tet(41) = -5		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 199.9049	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -836.3211	Ox(69) = 199.9049	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -836.3211
Ox(20) = 214.8478	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -835.0138	Ox(70) = 214.8478	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -835.0138
Ox(21) = 229.7907	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -833.7065	Ox(71) = 229.7907	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -833.7065
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 229.7907 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -833.7065			Ox(71) = 229.7907 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -833.7065		
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 21							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(10) = 0				tet(40) = 0			
tet(11) = 30				tet(41) = 30			
tet(12) = 0				tet(42) = 0			
tet(13) = 0				tet(43) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5		Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5	
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5		Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5	
Ox(19) = 196.6506	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -851		Ox(69) = 196.6506	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -851	
Ox(20) = 209.641	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -858.5		Ox(70) = 209.641	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -858.5	
Ox(21) = 222.6314	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -866		Ox(71) = 222.6314	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -866	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(21) = 222.6314	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -866		Ox(71) = 222.6314	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -866	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 22					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = -5			tet(42) = -5		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5	Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5
Ox(20) = 214.9429	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -837.1927	Ox(70) = 214.9429	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -837.1927
Ox(21) = 229.8858	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -835.8854	Ox(71) = 229.8858	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -835.8854
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 229.8858	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -835.8854	Ox(71) = 229.8858	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -835.8854
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 23							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(10) = 0				tet(40) = 0			
tet(11) = 0				tet(41) = 0			
tet(12) = 30				tet(42) = 30			
tet(13) = 0				tet(43) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5		Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5	
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5		Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5	
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5		Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5	
Ox(20) = 212.9904	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -846		Ox(70) = 212.9904	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -846	
Ox(21) = 225.9808	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -853.5		Ox(71) = 225.9808	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -853.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(21) = 225.9808	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -853.5		Ox(71) = 225.9808	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -853.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 24							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(10) = 0				tet(40) = 0			
tet(11) = 0				tet(41) = 0			
tet(12) = 0				tet(42) = 0			
tet(13) = -5				tet(43) = -5			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5		Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5	
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5		Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5	
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5		Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5	
Ox(20) = 215	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -838.5		Ox(70) = 215	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -838.5	
Ox(21) = 229.9429	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -837.1927		Ox(71) = 229.9429	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -837.1927	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(21) = 229.9429	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -837.1927		Ox(71) = 229.9429	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -837.1927	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 25					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 30			tet(43) = 30		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5	Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5
Ox(20) = 215	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -838.5	Ox(70) = 215	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -838.5
Ox(21) = 227.9904	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -846	Ox(71) = 227.9904	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -846
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 227.9904	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -846	Ox(71) = 227.9904	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -846
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 26							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(14) = -5				tet(44) = -5			
tet(15) = 0				tet(45) = 0			
tet(16) = 0				tet(46) = 0			
tet(17) = 0				tet(47) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5		Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5	
Ox(23) = 176.9163	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -836.5826		Ox(73) = 176.9163	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -836.5826	
Ox(24) = 200.825	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -834.4908		Ox(74) = 200.825	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -834.4908	
Ox(25) = 218.7565	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -832.9221		Ox(75) = 218.7565	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -832.9221	
Ox(26) = 236.688	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -831.3533		Ox(76) = 236.688	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -831.3533	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(26) = 236.688	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -831.3533		Ox(76) = 236.688	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -831.3533	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 27							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(14) = 30				tet(44) = 30			
tet(15) = 0				tet(45) = 0			
tet(16) = 0				tet(46) = 0			
tet(17) = 0				tet(47) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5		Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5	
Ox(23) = 174.0526	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -849.5		Ox(73) = 174.0526	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -849.5	
Ox(24) = 194.8372	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -861.5		Ox(74) = 194.8372	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -861.5	
Ox(25) = 210.4256	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -870.5		Ox(75) = 210.4256	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -870.5	
Ox(26) = 226.0141	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -879.5		Ox(76) = 226.0141	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -879.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(26) = 226.0141	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -879.5		Ox(76) = 226.0141	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -879.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 28					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = -5			tet(45) = -5		
tet(16) = 0			tet(46) = 0		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 200.9087	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -836.4083	Ox(74) = 200.9087	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -836.4083
Ox(25) = 218.8402	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -834.8395	Ox(75) = 218.8402	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -834.8395
Ox(26) = 236.7717	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -833.2707	Ox(76) = 236.7717	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -833.2707
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 236.7717 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -833.2707			Ox(76) = 236.7717 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -833.2707		
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 29					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = 30			tet(45) = 30		
tet(16) = 0			tet(46) = 0		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 197.7846	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -850.5	Ox(74) = 197.7846	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -850.5
Ox(25) = 213.3731	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -859.5	Ox(75) = 213.3731	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -859.5
Ox(26) = 228.9615	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -868.5	Ox(76) = 228.9615	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -868.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 228.9615	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -868.5	Ox(76) = 228.9615	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -868.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 30					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = 0			tet(45) = 0		
tet(16) = -5			tet(46) = -5		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5	Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5
Ox(25) = 218.9315	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -836.9312	Ox(75) = 218.9315	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -836.9312
Ox(26) = 236.863	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -835.3624	Ox(76) = 236.863	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -835.3624
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 236.863	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -835.3624	Ox(76) = 236.863	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -835.3624
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 31							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(14) = 0				tet(44) = 0			
tet(15) = 0				tet(45) = 0			
tet(16) = 30				tet(46) = 30			
tet(17) = 0				tet(47) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5		Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5	
				Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5	
				Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5	
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5		Ox(75) = 216.5885	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -847.5	
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5		Ox(76) = 232.1769	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -856.5	
Ox(25) = 216.5885	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -847.5		Posição e Orientação Final			
Ox(26) = 232.1769	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -856.5		Posição			
Posição e Orientação Final				Ox(76) = 232.1769	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -856.5	
Posição				Matriz de Orientação			
Ox(26) = 232.1769	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -856.5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Matriz de Orientação				Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0					
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254					

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 32							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(14) = 0				tet(44) = 0			
tet(15) = 0				tet(45) = 0			
tet(16) = 0				tet(46) = 0			
tet(17) = -5				tet(47) = -5			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5		Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5	
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5		Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5	
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5		Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5	
Ox(25) = 219	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -838.5		Ox(75) = 219	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -838.5	
Ox(26) = 236.9315	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -836.9312		Ox(76) = 236.9315	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -836.9312	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(26) = 236.9315	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -836.9312		Ox(76) = 236.9315	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -836.9312	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 33							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(14) = 0				tet(44) = 0			
tet(15) = 0				tet(45) = 0			
tet(16) = 0				tet(46) = 0			
tet(17) = 30				tet(47) = 30			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5		Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5	
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5		Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5	
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5		Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5	
Ox(25) = 219	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -838.5		Ox(75) = 219	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -838.5	
Ox(26) = 234.5885	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -847.5		Ox(76) = 234.5885	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -847.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(26) = 234.5885	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -847.5		Ox(76) = 234.5885	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -847.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 34							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = -5				tet(48) = -5			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 176.9163	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -836.5826		Ox(78) = 176.9163	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -836.5826	
Ox(29) = 205.8059	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -834.0551		Ox(79) = 205.8059	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -834.0551	
Ox(30) = 223.7374	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -832.4863		Ox(80) = 223.7374	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -832.4863	
Ox(31) = 240.6727	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -831.0046		Ox(81) = 240.6727	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -831.0046	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 240.6727	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -831.0046		Ox(81) = 240.6727	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -831.0046	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 35							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 30				tet(48) = 30			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 174.0526	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -849.5		Ox(78) = 174.0526	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -849.5	
Ox(29) = 199.1673	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -864		Ox(79) = 199.1673	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -864	
Ox(30) = 214.7557	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -873		Ox(80) = 214.7557	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -873	
Ox(31) = 229.4782	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -881.5		Ox(81) = 229.4782	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -881.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 229.4782	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -881.5		Ox(81) = 229.4782	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -881.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 36							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = -5				tet(49) = -5			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 205.8896	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -835.9725		Ox(79) = 205.8896	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -835.9725	
Ox(30) = 223.8212	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -834.4037		Ox(80) = 223.8212	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -834.4037	
Ox(31) = 240.7565	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -832.9221		Ox(81) = 240.7565	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -832.9221	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 240.7565	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -832.9221		Ox(81) = 240.7565	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -832.9221	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 37							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = 30				tet(49) = 30			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 202.1147	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -853		Ox(79) = 202.1147	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -853	
Ox(30) = 217.7032	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -862		Ox(80) = 217.7032	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -862	
Ox(31) = 232.4256	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -870.5		Ox(81) = 232.4256	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -870.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 232.4256	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -870.5		Ox(81) = 232.4256	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -870.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 38							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = -5				tet(50) = -5			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 206	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -838.5		Ox(79) = 206	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -838.5	
Ox(30) = 223.9315	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -836.9312		Ox(80) = 223.9315	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -836.9312	
Ox(31) = 240.8668	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -835.4496		Ox(81) = 240.8668	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -835.4496	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 240.8668	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -835.4496		Ox(81) = 240.8668	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -835.4496	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 39							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = 30				tet(50) = 30			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 206	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -838.5		Ox(79) = 206	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -838.5	
Ox(30) = 221.5885	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -847.5		Ox(80) = 221.5885	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -847.5	
Ox(31) = 236.3109	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -856		Ox(81) = 236.3109	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -856	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 236.3109	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -856		Ox(81) = 236.3109	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -856	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 40							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = -5				tet(51) = -5			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 206	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -838.5		Ox(79) = 206	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -838.5	
Ox(30) = 224	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -838.5		Ox(80) = 224	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -838.5	
Ox(31) = 240.9353	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -837.0184		Ox(81) = 240.9353	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -837.0184	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 240.9353	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -837.0184		Ox(81) = 240.9353	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -837.0184	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 41							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = 0				tet(49) = 0			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 30				tet(51) = 30			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 206	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -838.5		Ox(79) = 206	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -838.5	
Ox(30) = 224	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -838.5		Ox(80) = 224	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -838.5	
Ox(31) = 238.7224	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -847		Ox(81) = 238.7224	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -847	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 238.7224	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -847		Ox(81) = 238.7224	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -847	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 42							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = -5				tet(52) = -5			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 188.8706	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -835.5367		Ox(83) = 188.8706	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -835.5367	
Ox(34) = 217.7603	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -833.0092		Ox(84) = 217.7603	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -833.0092	
Ox(35) = 235.6918	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -831.4404		Ox(85) = 235.6918	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -831.4404	
Ox(36) = 252.6271	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -829.9587		Ox(86) = 252.6271	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -829.9587	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 252.6271	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -829.9587		Ox(86) = 252.6271	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -829.9587	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 43							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 30				tet(52) = 30			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 184.4449	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -855.5		Ox(83) = 184.4449	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -855.5	
Ox(34) = 209.5596	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -870		Ox(84) = 209.5596	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -870	
Ox(35) = 225.1481	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -879		Ox(85) = 225.1481	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -879	
Ox(36) = 239.8705	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -887.5		Ox(86) = 239.8705	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -887.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 239.8705	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -887.5		Ox(86) = 239.8705	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -887.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 44							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = -5				tet(53) = -5			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 217.8896	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -835.9725		Ox(84) = 217.8896	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -835.9725	
Ox(35) = 235.8212	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -834.4037		Ox(85) = 235.8212	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -834.4037	
Ox(36) = 252.7565	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -832.9221		Ox(86) = 252.7565	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -832.9221	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 252.7565	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -832.9221		Ox(86) = 252.7565	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -832.9221	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 45							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = 30				tet(53) = 30			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 214.1147	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -853		Ox(84) = 214.1147	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -853	
Ox(35) = 229.7032	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -862		Ox(85) = 229.7032	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -862	
Ox(36) = 244.4256	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -870.5		Ox(86) = 244.4256	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -870.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 244.4256	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -870.5		Ox(86) = 244.4256	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -870.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 46							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = -5				tet(54) = -5			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 218	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -838.5		Ox(84) = 218	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -838.5	
Ox(35) = 235.9315	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -836.9312		Ox(85) = 235.9315	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -836.9312	
Ox(36) = 252.8668	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -835.4496		Ox(86) = 252.8668	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -835.4496	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 252.8668	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -835.4496		Ox(86) = 252.8668	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -835.4496	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 47							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = 30				tet(54) = 30			
tet(25) = 0				tet(55) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 218	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -838.5		Ox(84) = 218	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -838.5	
Ox(35) = 233.5885	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -847.5		Ox(85) = 233.5885	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -847.5	
Ox(36) = 248.3109	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -856		Ox(86) = 248.3109	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -856	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 248.3109	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -856		Ox(86) = 248.3109	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -856	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 48							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = -5				tet(55) = -5			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 218	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -838.5		Ox(84) = 218	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -838.5	
Ox(35) = 236	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -838.5		Ox(85) = 236	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -838.5	
Ox(36) = 252.9353	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -837.0184		Ox(86) = 252.9353	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -837.0184	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 252.9353	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -837.0184		Ox(86) = 252.9353	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -837.0184	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 49							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(22) = 0				tet(52) = 0			
tet(23) = 0				tet(53) = 0			
tet(24) = 0				tet(54) = 0			
tet(25) = 30				tet(55) = 30			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5		Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5	
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5		Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5	
Ox(34) = 218	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -838.5		Ox(84) = 218	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -838.5	
Ox(35) = 236	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -838.5		Ox(85) = 236	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -838.5	
Ox(36) = 250.7224	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -847		Ox(86) = 250.7224	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -847	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(36) = 250.7224	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -847		Ox(86) = 250.7224	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -847	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 50							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = -5				tet(56) = -5			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 183.8896	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -835.9725		Ox(88) = 183.8896	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -835.9725	
Ox(39) = 212.7793	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -833.4449		Ox(89) = 212.7793	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -833.4449	
Ox(40) = 230.7108	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -831.8762		Ox(90) = 230.7108	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -831.8762	
Ox(41) = 248.6423	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -830.3074		Ox(91) = 248.6423	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -830.3074	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 248.6423	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -830.3074		Ox(91) = 248.6423	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -830.3074	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 51							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 30				tet(56) = 30			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 180.1147	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -853		Ox(88) = 180.1147	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -853	
Ox(39) = 205.2295	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -867.5		Ox(89) = 205.2295	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -867.5	
Ox(40) = 220.8179	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -876.5		Ox(90) = 220.8179	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -876.5	
Ox(41) = 236.4064	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -885.5		Ox(91) = 236.4064	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -885.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 236.4064	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -885.5		Ox(91) = 236.4064	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -885.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 52							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = -5				tet(57) = -5			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 212.8896	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -835.9725		Ox(89) = 212.8896	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -835.9725	
Ox(40) = 230.8212	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -834.4037		Ox(90) = 230.8212	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -834.4037	
Ox(41) = 248.7527	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -832.8349		Ox(91) = 248.7527	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -832.8349	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 248.7527	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -832.8349		Ox(91) = 248.7527	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -832.8349	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 53							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = 30				tet(57) = 30			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 209.1147	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -853		Ox(89) = 209.1147	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -853	
Ox(40) = 224.7032	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -862		Ox(90) = 224.7032	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -862	
Ox(41) = 240.2916	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -871		Ox(91) = 240.2916	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -871	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 240.2916	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -871		Ox(91) = 240.2916	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -871	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 54							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = -5				tet(58) = -5			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5		Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5	
Ox(40) = 230.9315	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -836.9312		Ox(90) = 230.9315	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -836.9312	
Ox(41) = 248.863	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -835.3624		Ox(91) = 248.863	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -835.3624	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 248.863	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -835.3624		Ox(91) = 248.863	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -835.3624	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 55							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = 30				tet(58) = 30			
tet(29) = 0				tet(59) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5		Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5	
Ox(40) = 228.5885	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -847.5		Ox(90) = 228.5885	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -847.5	
Ox(41) = 244.1769	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -856.5		Ox(91) = 244.1769	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -856.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 244.1769	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -856.5		Ox(91) = 244.1769	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -856.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 56							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = -5				tet(59) = -5			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5		Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5	
Ox(40) = 231	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -838.5		Ox(90) = 231	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -838.5	
Ox(41) = 248.9315	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -836.9312		Ox(91) = 248.9315	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -836.9312	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 248.9315	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -836.9312		Ox(91) = 248.9315	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -836.9312	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 57							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(26) = 0				tet(56) = 0			
tet(27) = 0				tet(57) = 0			
tet(28) = 0				tet(58) = 0			
tet(29) = 30				tet(59) = 30			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5		Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5	
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5		Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5	
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5		Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5	
Ox(40) = 231	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -838.5		Ox(90) = 231	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -838.5	
Ox(41) = 246.5885	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -847.5		Ox(91) = 246.5885	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -847.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(41) = 246.5885	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -847.5		Ox(91) = 246.5885	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -847.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5		Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254		Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	

Anexo III

LABVIEW

Para melhor entendimento do procedimento de programação descrito no capítulo 3, será apresentada nas seções abaixo a descrição da linguagem utilizada.

A.1 Introdução ao LabVIEW

O *LabVIEW* (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) utiliza uma linguagem de programação chamada G. Essa linguagem possui diretivas, como PASCAL e C, porém ao invés de utilizar comandos na forma de texto para gerar as linhas de código, usa uma linguagem de programação gráfica, ou seja, o programa é feito na forma de um diagrama de blocos.

Por utilizar uma estrutura de programação orientada pelo fluxo de dados e hierárquica, o *LabVIEW* torna simples a implementação de sistemas complexos que englobam aquisição e manipulação de dados, ou ainda o controle de equipamentos através do computador. Além disso, o *LabVIEW* inclui diversas bibliotecas compostas por componentes, contendo funções para aplicações específicas (algoritmos de análise estatística, processamento e geração de sinais, etc.). (LabView[®], 1996).

A.2.1 Instrumentos virtuais

Qualquer programa feito em *LabVIEW* é chamado de instrumento virtual (*VI – virtual instrument*) já que sua aparência e operação assemelham-se às de instrumentos reais. Um *VI*, assim como um programa usual, é composto por um conjunto de instruções que fazem a manipulação e fluxo dos dados, e por uma interface com o usuário, é possível encontrar as

entradas e saídas necessárias. Basicamente, pode-se identificar em um *VI* duas partes que o compõem:

- Diagrama de blocos – é a estrutura do programa propriamente dita que contém o código fonte construído de forma gráfica;
- Painel frontal – constitui a interface com o usuário, apresentando de forma visual todos os controles, gráficos e indicadores que formam uma tela, que simula o painel físico de um instrumento. Este pode ser formado por botões, leds, knobs e indicadores que permitem a interação através do mouse ou do teclado do computador.

Pode-se ainda encapsular um *VI* inteiro (isto é, diagrama de blocos + painel frontal) em um módulo re-utilizável dentro de um outro *VI*. Esse módulo encapsulado constituirá um *subVI*. Assim sendo, podemos incluir um terceiro ingrediente componente de um *VI* genérico:

- Ícone / conector – define as entradas e saídas do *VI* acessíveis à conexão quando este é utilizado como um *subVI* dentro de um outro *VI* (é análogo às definições de entrada e saída para se usar uma rotina como função dentro de um programa numa linguagem convencional). O ícone é a definição da aparência gráfica que se deseja que este *VI* tenha no diagrama de blocos quando usado como um *subVI*.

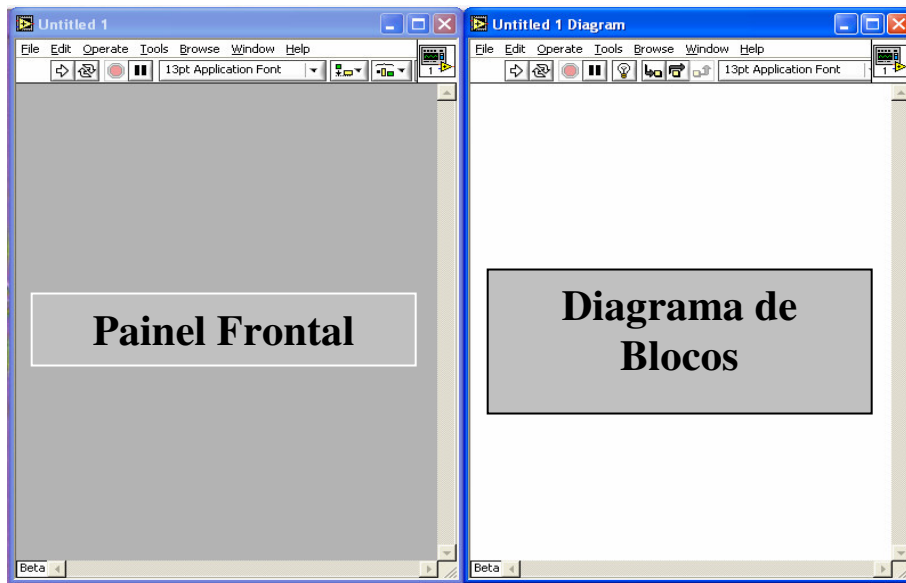


Figura A.1: Painel Frontal e Diagrama de Blocos

Na parte superior do painel frontal há uma barra de ferramentas como descrita a seguir:



onde,



Roda o VI, uma vez.



Roda o VI, continuamente, isto é, quando chega ao final, volta novamente ao início e recomeça.



Aborta a execução do VI.



Pausa / Continua a execução do VI.



Ícone / Conector.

A.2.2 Paleta de ferramentas

Para editar, operar ou construir um VI são usadas várias ferramentas. Desta forma, o conhecimento e compreensão dessas ferramentas e sua utilização são essenciais para usar o LabVIEW.



Figura A.2: Paleta de Ferramentas

Descrição das ferramentas principais:



Permite a operação dos controles e botões no painel frontal (*Operation Tool*).



Posiciona, formata e seleciona objetos (*Position Tool*).



Edita textos e cria rótulos (*Text Tool*).



Conecta objetos no diagrama de blocos (*Wiring Tool*).

A.2.3 Paleta de função e controle

As paletas de função e controle contém sub-paletas de objetos que podem ser utilizadas para criar um VI. A paleta de função serve para montar o diagrama de bloco enquanto a paleta de controle para indicar indicadores e controles.



Figura A.3: Paleta de controle e função

A.2.4 Controles e indicadores

No painel frontal as entradas e saídas do VI são representadas respectivamente por controles e indicadores, que visualmente podem ser apresentados seja como knobs, botões, indicadores digitais, leds, ou ainda sob vários outros formatos e tipos.

A.2.5 Estruturas e Gráficos

Assim como em outras linguagens nos programas contém laços, no LabVIEW há determinadas estruturas que representam graficamente laços, como o for e o while no diagrama de blocos. Além disso, é possível usar estruturas de decisão, como o case ou ainda estruturas específicas do LabVIEW, como o sequence e o formula node.

Quando se faz necessário que os dados gerados por um VI sejam apresentados através de um gráfico, não é preciso dar comandos especiais ou fazer uma rotina só para isso, como em linguagens convencionais. No LabVIEW já existe uma função implementada apenas para gerar um gráfico, que pode ser formatado de acordo com o padrão que se deseja obter.

A.2.6 Componentes utilizados na programação

A.2.6.1 Ligações

Transfere dados entre objetos do diagrama de bloco através de ligações. São semelhantes a variáveis em linguagens de programação baseadas em texto. Cada ligação tem uma única fonte de dados, mas podem ser ligadas a vários VI's e funções que fazem a leitura dos dados. As ligações são de cores, estilos e espessuras diferentes, dependendo de seus tipos de dados. A tabela A.1 apresenta os tipos mais comuns de ligações.

Tipo de Ligação	Escalar	Arranjo 1D	Arranjo 2D	Cor
Numérico				Laranja (ponto flutuante), Azul (inteiro)
Booleano				Verde
String				Rosa

Tabela A.1: Tipos de ligação

A.2.6.2 Bloco - *Wait until next ms multiple*

Esta função sincroniza atividades. É possível chamar esta função em um laço para controlar a taxa da execução. Esta função faz chamadas assíncronas do sistema, mas os seus nós funcionam sincronizadamente. Conseqüentemente, a execução não termina até que o tempo especificado decorra.

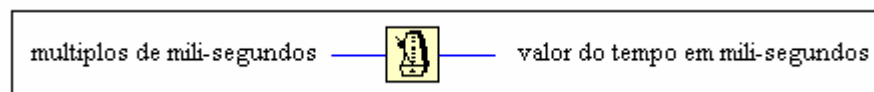



Figura A.4: Bloco de sincronismo

 **múltiplos de mili-segundos** - entrada que especifica quantos mili-segundos decorrem quando os funcionamentos do VI.

 **valor do tempo em mili-segundo** - retorna o valor do temporizador em mili-segundo.

A.2.6.3 Bloco - Mean

Computa a média (μ) dos valores na seqüência de entrada X .

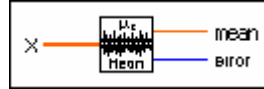


Figura A.5: Bloco de Média



X - seqüências de entrada.



média - média dos valores na seqüência de entrada X .



erro - retorna todo o erro ou circunstância de advertência do VI.

Detalhe da média

Este VI usa a seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i \quad (\text{A.1})$$

onde n é o número dos elementos em X .

A.2.6.4 Bloco Bundle

Utilizada para montar um conjunto dos elementos individuais. Pode ser utilizada para mudar os valores de elementos individuais em um conjunto já existente sem ter que especificar novos valores para todos os elementos. A placa do conector indica os tipos de dados.

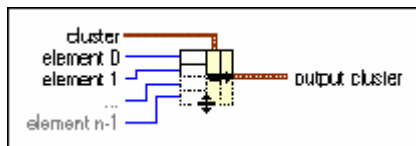


Figura A.6: Bloco para agrupamento



cluster - conjunto cujo valor queira mudar. O número de terminais da entrada deve combinar com o número dos elementos no conjunto da entrada.



element 1..n - aceita qualquer tipo de dados.



output cluster - resultado do conjunto.

A.2.6.5 Estrutura de seqüência

Consiste em um ou mais sub-diagramas, ou molduras, que executam seqüencialmente. Um clique a direita da estrutura é utilizado para adicionar e suprimir molduras, ou para criar local de seqüência com objetivo de passar dados entre as molduras.

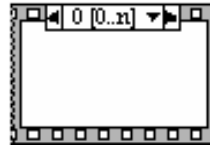


Figura A.7: Estrutura seqüencial

A.2.6.6 Bloco divisor

Computa o quociente das entradas.

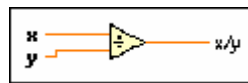





Figura A.8: Bloco divisor

 x - podem ser um número, uma disposição ou um conjunto escalar dos números, disposição dos conjuntos dos números, e assim por diante.

 y - podem ser um número, uma disposição ou um conjunto escalar dos números, disposição dos conjuntos dos números, e assim por diante.

 x/y - número de dupla precisão como ponto flutuante se x e y forem inteiros. No general, o tipo da saída é a representação larga das entradas, se as entradas não forem inteiros ou se suas representações diferirem.

A.2.6.7 Bloco de entrada analógica para aquisição da forma de onda

Adquire um número especificado das amostras em uma taxa especificada de um único canal da entrada e retorna os dados adquiridos. A entrada analógica adquire uma forma de onda o VI executa uma medida programada de uma forma de onda (leituras múltiplas da tensão em uma taxa especificada) em um único canal da entrada análoga. Se ocorrer um erro, uma caixa de diálogo aparece, dando lhe a opção para parar o VI ou para continuar.

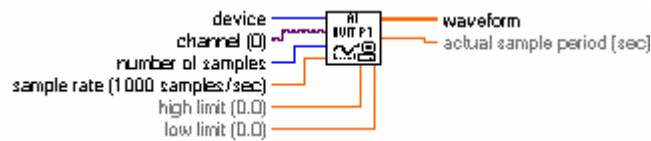


Figura A.9: Bloco de aquisição de gráfico

- 116** *dispositivo* - número do dispositivo atribuído à configuração.
- 101** *canal* - identifica o canal da entrada análoga a medir.
- 132** *número de amostras* - número de amostras do canal que o VI adquirem antes que a aquisição termine. Para este parâmetro - 1000 amostras.
- 541** *taxa de amostras* - número pedido das amostras por segundo onde o VI adquire do canal especificado. Para este parâmetro - taxa de 1000 amostras /segundo.
- 541** *limite elevado* - nível previsto mais elevado dos sinais que queira medir. A entrada é 0. Se incorporar 0, o sistema usa os limites incorporados ao máximo, ou se estiver usando nome no canal, seleciona os limites para configuração do canal. Expressa o valor limite nas unidades de leituras. Este valor computa o ganho.
- 541** *limite baixo* - nível previsto mais baixo dos sinais que queira medir. A entrada é 0. Se incorporar 0, o sistema usa os limites incorporados ao máximo, ou se você estiver usando nome no canal, seleciona os limites para configuração do canal. Expressa o valor de limite nas unidades de leituras. Este valor computa o ganho.
- 541** *forma de onda* - contém dados de entrada análoga escalados.
- 541** *período real da amostra* - intervalo real entre amostras, que é o inverso da taxa real da amostra. O período real da amostra pode diferir da taxa pedida da amostra, dependendo das potencialidades de sua unidade física.

A.2.6.8 Bloco For Loop

Executa seus tempos do sub-diagrama n, onde n é o valor ligado ao terminal da contagem (N). O terminal da iteração (i) fornece a contagem da iteração do laço atual, que varia de 0 a n-1.

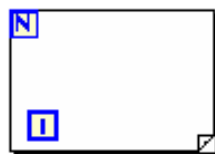


Figura A.10: Bloco for loop

A.2.6.9 Bloco derivativo

Executa uma diferenciação discreta do sinal de amostra X .

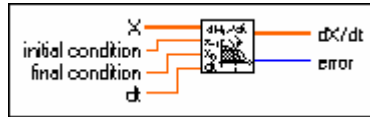


Figura A.11: Bloco derivativo

- [D1]** X – é o sinal de amostra.
- [D1]** *condição inicial* - descrito pela equação abaixo nesta seção.
- [D1]** *condição final* - descrito pela equação abaixo nesta seção.
- [D1]** dt - é o intervalo de amostragem e deve ser maior que zero.
- [D1]** dX/dt – é a derivada do sinal de entrada.
- [E2]** *erro* - returns any error or warning from the VI.

Detalhes da derivação $x(t)$

A diferenciação $f(t)$ de uma função $F(t)$ é definida como:

$$f(t) = \frac{d}{dt} F(t). \quad (A.2)$$

Permitir que Y represente a amostra de saída da seqüência $d/dt X$. A execução discreta é dada por

$$y_i = \frac{1}{2dt} (x_{i+1} - x_{i-1}). \quad (A.3)$$

para $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$, quando n é o número de amostra em $x(t)$,

x_{-1} é especificado pela condição inicial quando $i = 0$, e x_n é especificado pela condição final quando $i = n-1$.

A condição inicial e a condição final minimizam o erro nos limites.